



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA



“DISEÑO DE LA REINGENIERÍA PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO DE  
GENERACIÓN DE VAPOR DE LA CALDERA APIN EN LA EMPRESA  
AGROINDUSTRIAL POMALCA S.A.A.”

TESIS:  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADA POR:  
Bach. CÉSAR AUGUSTO CHANAMÉ TORRES

Lambayeque, Perú  
2018

## INDICE

	Pág.
Agradecimiento	i
Presentación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	v
Indice	1

### **Capítulo I: ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA**

1. Realidad Problemática	4
2. Análisis del Problema	5
3. Antecedentes del Problema	5
4. Aportes de la Investigación	6
5. Formulación del Problema	6
6. Limitaciones de la Investigación	6
7. Hipótesis	6
8. Objetivos	7
8.1. Objetivo General	7
8.2. Objetivos Específicos	7

### **Capítulo II: CONCEPTOS TEÓRICOS**

1. Generalidades	8
2. Conceptos de Automatización	9
2.1. Controladores	9
2.2. Sistemas de Control	11
2.3. Control Supervisor	14
3. Controladores Lógico Programables	16
4. Actuadores	19

### **Capítulo III: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL**

1. La Empresa	22
1.1. Generalidades	22
1.2. Ubicación	23
2. Estructura y descripción del sistema actual	24
2.1. Generalidades	24
2.2. Subsistema de alimentación de agua	25
2.3. Subsistema de condensado	28
2.4. Subsistema de alimentación de combustible	30
2.5. Subsistema de Caldera	33
2. Determinación de puntos críticos de control	35

### **Capítulo IV: DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN**

1. Generalidades	37
2. Planos de Instrumentación	38
3. Selección del Sistema de Control	47
3.1. Control de nivel del Tanque Ablandador	47
3.2. Control de nivel del Tanque de Condensado	51
3.3. Control de nivel del Tanque de Combustible	54
3.4. Control de presión del Tanque de Combustible	56
3.5. Control de nivel de la Caldera	58
3.6. Control de presión de la Caldera	61
3.7. Control de Relación Aire-Combustible	64
4. Arquitectura del Sistema de Control	72
4.1. Funciones necesarias del Sistema con el Operador	74
4.2. Red de Comunicación	74
4.3. Software para la Supervisión	75
5. Dimensionamiento y selección de los Equipos de Control	77
5.1. Selección de sensores	78
5.2. Válvulas de control	79
5.3. Equipos de control	81
5.4. Selección de equipos e instrumentación	82

## **Capítulo V: COSTOS DEL PROYECTO**

1. Generalidades	89
2. Estimación de Costos	90
2.1. Costos de Instrumentación	90
2.2. Costos de Equipos	92
2.3. Costos a nivel de Supervisión	92
2.4. Costos de Ingeniería	93
2.5. Costos de Puesta en Servicio	93
2.6. Costos de Capacitación	93
3. Inversión y Financiamiento	93
3.1. Inversión	93
3.2. Financiamiento	94
Conclusiones	95
Recomendaciones	97
Referencias Bibliográficas	98
Anexos	

TESIS  
Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico  
Presentada por:

BACH. CÉSAR AUGUSTO CHANAMÉ TORRES

Aceptada por la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

---

Ing.

Presidente

---

Ing.

Secretario

---

Ing.

Vocal

---

Ing.

Asesor

Lambayeque – Perú  
2018

*Este trabajo es el producto final del gran esfuerzo realizado en todo este tiempo; después de un largo camino recorrido concluyo una de las etapas más importantes de mi vida; pero comienzo otra, la de profesional en un mundo moderno y competitivo, en él aplicaré los conocimientos inculcados por los maestros y así contribuiré con el desarrollo de nuestra patria.*

***Dedicado a mi familia...***

*Durante mi vida hubo diversas situaciones que pudieron ser fácilmente causantes del fracaso, pero esto no sucedió, y fue gracias al apoyo incondicional de mis padres César Augusto Chaname Senmache y Cristina Torres Lluen, que con su amor y dedicación guiaron mi existencia; a mis hermanos Marco y Synthia, y a mi esposa Katherine e hijos Cesar y Daiana que me enseñaron a estar unidos y a seguir adelante sin importar los obstáculos.*

*A todos ellos, Gracias.*

EL AUTOR

## **PRESENTACIÓN**

***Señores Miembros del Jurado:***

De conformidad a lo estipulado por el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, presento a vuestra consideración la tesis titulada:

***“DISEÑO DE LA REINGENIERÍA PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO DE GENERACIÓN DE VAPOR DE LA CALDERA APIN EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL POMALCA S.A.A.”.***

Con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Electrónico y esperando constituya una herramienta útil de consulta para quienes se interesen en este tipo de estudio.

El proyecto de investigación se ha desarrollado de acuerdo a las necesidades de nuestros usuarios, realizando un análisis previo de la problemática existente y aplicando conocimientos, esfuerzos e investigación.

Esperó haber dado cumplimiento y satisfacción a las expectativas y que este trabajo de investigación sirva de guía o de referencia para el desarrollo de futuras investigaciones.

***Lambayeque, Enero de 2018.***

---

**César Augusto Chanamé Torres**  
**Bach. Ing. Electrónica**

## RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado aplicando los principales conceptos de control y automatización, en él se vuelcan los conceptos aprendidos en la universidad.

Actualmente muchas empresas están basadas en una semi-automatización, es decir que están parcialmente automatizadas, basándose en los equipos y sistemas que se tienen y agregando equipos electrónicos de control. Es así que el presente trabajo se aplica en la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., específicamente en el área de Planta de Fuerza en la generación de vapor.

Se ha realizado el análisis de la problemática y se han planteado soluciones, las cuales se han utilizado para el diseño de los sistemas de control, así como la integración de los diferentes equipos existentes en la planta, generando así un nuevo sistema de control del proceso de generación de vapor.

El sistema planteado es una Arquitectura de Control Distribuida, con dos niveles definidos el primero de control y el segundo de supervisión. El nivel de control regula las principales variables del proceso, estableciendo lazos de control realimentados y basados en controladores PID. En el nivel de supervisión se ha implementado base de datos, alarmas y generación de gráficas en tiempo real.



## **ABSTRACT**

The present work has been done, applying the control and automation main concepts, it reflected the concepts learned at the university.

Actually, many companies are currently based on a semi automation, which means is partially automated, based on the equipment and systems that have and adding electronic control equipment. The present work is applied in agroindustry Pomalca S.A.A, specifically at the power plant area in steam generation.

The system involved is an architecture from distributed control, with two defined level control regulates the main process variables, setting up links of feedback control and based on PID controllers. Level supervision has implemented database, alarms and generation of graphics in real time.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito implementar una nueva solución de automatización para el proceso de generación de vapor de la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.

Con la finalidad de lograr una mayor comprensión y entendimiento del trabajo desarrollado en esta tesis, detallaré a continuación cada uno de los capítulos que lo conforman:

### **Capítulo I: Análisis de la Problemática**

En este capítulo se describe la problemática, los objetivos del proyecto tanto el general como los específicos, así como se plantea la hipótesis.

### **Capítulo II: Conceptos Teóricos**

En este capítulo se definen los principales conceptos de automatización que se utilizarán en el diseño y desarrollo de nuestro proyecto. Se hace mención a los actuadores y controladores necesarios.

### **Capítulo III: Descripción del Sistema Actual**

En este capítulo se hace una descripción de los sistemas que conforman el proceso de generación de vapor, así como se listan las principales variables.

### **Capítulo IV: Diseño del Sistema de Automatización**

En este capítulo se muestran los lazos del nuevo control del sistema, se establece la arquitectura del sistema de control, los planos de instrumentación y el software de supervisión del sistema. Aquí también se menciona la selección de los instrumentos y equipos del sistema.

### **Capítulo V: Costos del Proyecto**

En este capítulo, evaluaremos y presentaremos los costos de los equipos y de los instrumentos, así mismo se indicará la inversión y el financiamiento.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones que se han determinado al finalizar el estudio.

# **CAPÍTULO I**

## **ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA**

---

### **1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Actualmente en las empresas de nuestro país que tienen un cierto nivel económico, pero que tienen una larga tradición en años, se mezclan las máquinas antiguas con las tecnologías modernas. Estas empresas no tienen totalmente sus sistemas automatizados, debido a los altos costos de implementación tanto en equipos como en mano de obra. El avance de la tecnología esta en continuo desarrollo en todas las áreas, permitiendo a todas las empresas poder aplicarla de acuerdo a sus necesidades. Por tal motivo y teniendo en cuenta la realidad de estas empresas, se ha visto la necesidad de diseñar sistemas automatizados partiendo de la maquinaria ya existente que al complementarlas con dispositivos modernos de control nos dé como resultado una producción mayor y de mejor calidad, reduciendo las perdidas en materias primas y ayudando de esta manera a la economía de las empresas.

## **2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

El proceso de elaboración de azúcar comprende diferentes etapas, ellas son recepción de materia prima, transporte, molienda, evaporación, centrifugado y envasado. Así mismo para poder realizar sus procesos necesita fluidos como Vapor; lo cual conlleva a tener una sección que realice la generación y el control de este fluido. En la generación de vapor se cuenta con calderas, las cuales tienen controles electromecánicos, y cuando presentan alguna falla el operador recurre a su experiencia para poder salir del paso, convirtiéndose en una operación manual.

En este proceso se pueden presentar errores, tanto de tipo personal como errores por los controles electromecánicos que presentan desgaste y falta de precisión.

## **3. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

No se encontraron antecedentes de análisis o planteamiento de automatización de la caldera, en la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., considerada para el desarrollo del presente proyecto.

TITULO: PLAN DE MANTENIMIENTO PARA CALDEROS DE VAPOR CON ENFOQUE DE GESTIÓN EN PROCESOS EN TEXTIL “LA INTERNACIONAL”

AUTOR:

Iván Patricio Espinoza  
Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Universidad Tecnológica Equinoccial  
Quito, Ecuador 2003

TITULO: CÁLCULOS DE PROCESOS DE VAPOR EN UNA INDUSTRIA AZUCARERA

AUTOR:

Carlos Jiménez Chilán  
Facultad de Ingeniería Mecánica  
Escuela Superior Politécnica del Litoral  
Guayaquil, Ecuador 1997

#### **4. APORTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Luego del estudio realizado en la generación de vapor, el sistema propuesto pretende automatizar el proceso involucrando las experiencias de los operadores. Al término del mismo se tendrán los siguientes aportes:

Un estudio y análisis minucioso del sistema de generación de vapor, buscando aplicar las técnicas de control adecuadas.

El diseño de un sistema que permita operar en forma automática el proceso de generación de vapor, teniendo presente no tener altos costos de implementación.

El diseño de un software necesario para la supervisión y control del proceso, esto significa desarrollar un programa que logre visualizar y controlar el sistema.

Incentivar al desarrollo de las empresas con tecnología moderna, de tal manera que eleven la calidad de sus productos, teniendo como resultados una mayor competitividad en el mercado.

#### **5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es posible realizar el Diseño de la Reingeniería para Automatizar el Proceso de Generación de Vapor de la Caldera Apin en la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.?

#### **6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

No se tendrán limitaciones, ya que se cuenta con acceso a los datos y operaciones del equipo, así como a la información necesaria para la implementación del control.

#### **7. HIPÓTESIS**

El diseño de la reingeniería para automatizar el Proceso de Generación de Vapor de la caldera Apin en la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A., mejorará la calidad del servicio y optimizará la generación del mismo.

## **8. OBJETIVOS**

### **8.1. Objetivo General:**

Realizar el diseño de la reingeniería para la automatización del proceso de generación de vapor en la empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.

### **8.2. Objetivos Específicos:**

Realizar la automatización del sistema, teniendo como base las maquinarias existentes y los bajos costos de implementación.

Aplicar las herramientas y técnicas de control adecuadas para optimizar el proceso de generación de vapor, diseñando los algoritmos necesarios.

Implementar un software de supervisión y control de las diferentes etapas que pueda presentar el sistema.

Diseñar un sistema de fácil mantenimiento y operación así como de óptimo funcionamiento.

Reducir los costos de generación de vapor de la empresa para la fabricación de sus principales productos.

## **CAPITULO II**

### **CONCEPTOS TEÓRICOS**

---

#### **1. GENERALIDADES**

El concepto de automatización interviene en muchos campos. Es aplicable a procedimientos y equipos en las empresas e industrias respectivamente. El control automático puede ser definido como el conjunto de técnicas encaminadas a mantener ciertos valores prefijados de operación de una o más variables del proceso.

Conforme avanza el tiempo la competitividad en el mercado va aumentando, exigiendo mejorar la productividad y calidad en los productos fabricados.

Por este motivo, el control automático juega un papel importante en el avance de la ciencia y la ingeniería, volviéndose parte integral de los procesos, resultando esencial en operaciones industriales como el control de presión, temperatura, nivel, flujo, humedad, viscosidad, etc.



En la industria de procesos, las perturbaciones son las causas más comunes de porque se requiere el control automático de los procesos; si no hubiera alteraciones, prevalecerían las condiciones de operación del diseño y no se necesitaría continuamente el control. A causa de las perturbaciones, en algunos procesos la variable controlada se desvía del punto de control, precisamente por eso, se necesita que los sistemas de control vigilen continua y automáticamente las variaciones que se deben controlar. A veces la perturbación más importante es el punto de control mismo, esto es, el punto de control puede cambiar, lo cual es típico en los procesos por lote, y en consecuencia la variable controlada debe ajustarse al punto de control.

## **2. CONCEPTOS DE AUTOMATIZACIÓN**

La tecnología de control y automatización industrial permite el manejo de los procesos productivos a través de una variable grande de controladores, específicamente diseñados para tales propósitos, o mediante dispositivos de propósito general como pueden ser las computadoras personales.

El estudio de los sistemas de control es de importancia, debido a que las características dinámicas de la respuesta de los procesos dependen sustancialmente tanto del controlador como del sistema que se use para el control del proceso.

### **2.1. Controladores**

El objetivo de los controladores es tomar decisiones acerca de la

manera en que se maneja la variable manipulada para mantener la variable que se controla en el punto de control.

La forma como el controlador automático produce la señal de control (determinada por el error), se denomina acción de control.

La acción de control describe la manera en que se establecen las acciones correctivas de un sistema de control, con relación a la desviación o error entre la magnitud medida y la magnitud de valor deseado (set point).

Los controladores automáticos industriales pueden clasificarse de acuerdo a su modo de control. Los modos de control asociados a un controlador son:

#### **2.1.1. Control Todo o nada (de dos posiciones)**

También denominado “on - off”, es el modo de control más simple y se denomina así porque el actuador se encuentra en alguna de las dos posiciones, abierto o cerrado. El elemento final de control se mueve rápidamente entre una de las posiciones mencionadas, para un valor único de la variable controlada.

#### **2.1.2. Control Proporcional + Integral + Derivativo (PID)**

Este controlador tiene las ventajas de cada una de las tres siguientes acciones de control individuales:

- a) El componente de acción proporcional corrige el elemento de control final por cantidad proporcional a la desviación de la variable con respecto al punto de consigna.

- b) El componente de acción integral corrige el elemento de control final a una razón proporcional a la desviación.
- c) El componente de acción derivativo corrige el elemento de control final a una cantidad proporcional a la razón de cambio (velocidad) de la variable controlada.

La elección de uno y otro modo de control depende básicamente de las características dinámicas del proceso que se considere o que se desea controlar ya que cada uno de los modos de control indicados posee características inherentes bien definidas, También depende de consideraciones de tipo económico, precisión de control requerida, velocidad de respuesta del proceso, seguridad del personal de operaciones y del equipo de proceso.

## **2.2. Sistemas de Control**

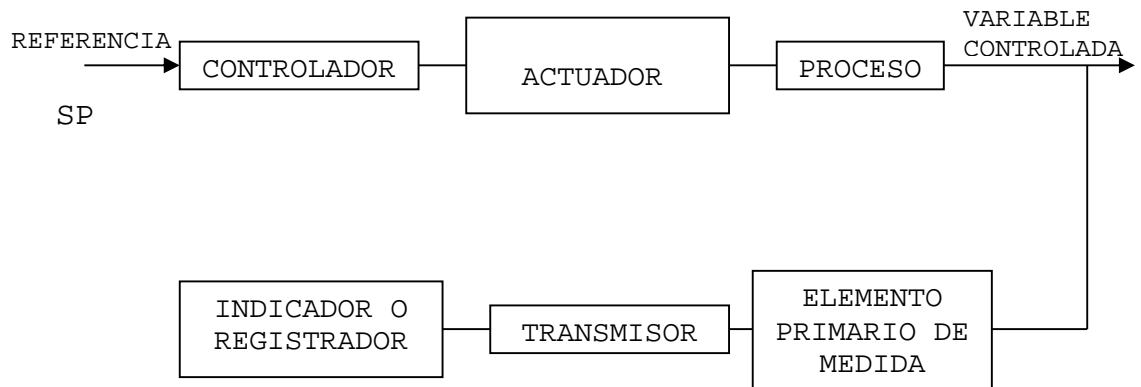
Un sistema de control es una combinación de componentes o conjunto de elementos de arreglo flexible que actuando en conjunto cumple el objetivo de realizar un determinado control.

Para todo sistema de control se debe establecer la selección del elemento sensor, del controlador y del control final. Un buen sistema de control debe seguir estrechamente las señales de entrada, pero no debe ser sensible a ruidos o variaciones de parámetros externos, tener presente el tiempo muerto, ya que es lo peor que puede suceder en cualquier sistema de control.

### 2.2.1. Sistemas de Control de Lazo Abierto

En este sistema la salida no tiene efecto sobre la acción de control, por lo que no se compara la salida con la entrada de referencia; por eso el controlador no realiza ninguna función relativa a cómo mantener la variable controlada en el punto de control.

En consecuencia, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación prefija. Así, la precisión del sistema depende de la calibración y precisión del equipo. Este sistema no detecta ni corrige las perturbaciones.



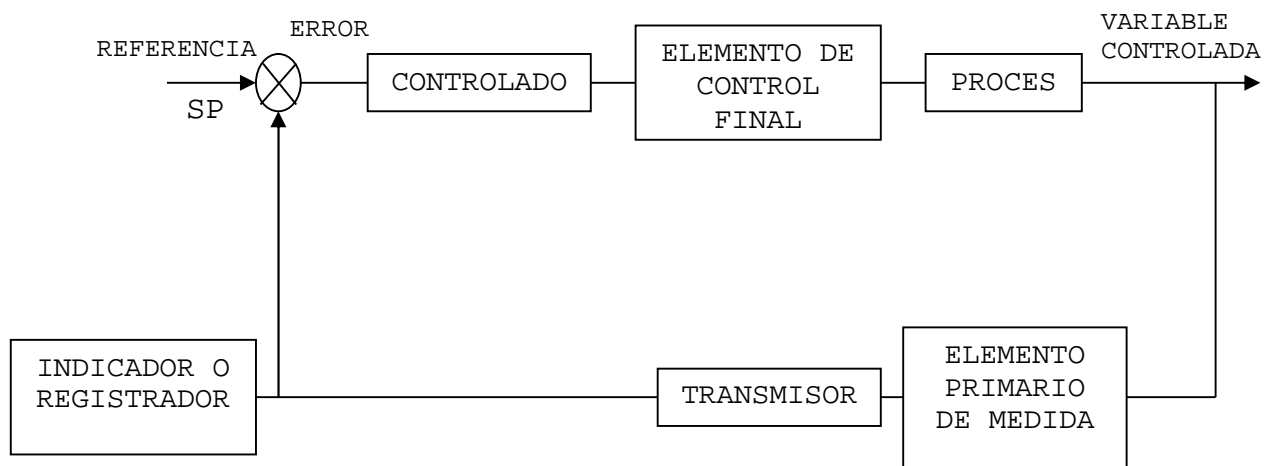
**Figura 1. Sistema de Control de Lazo Abierto**

### 2.2.2. Sistema de Control de Lazo Cerrado

Con frecuencia se llama así a los sistemas de control con retroalimentación donde la señal de salida tiene un efecto directo sobre la señal de control. Su ventaja consiste en corregir los efectos de las perturbaciones tanto internas como externas, logrando que el error estacionario sea cero o muy cercano a cero.

Su desventaja está en que únicamente puede compensar la perturbación hasta que la variable controlada se ha desviado del punto de control, esto es, la perturbación se debe propagar por todo el proceso antes de que pueda ser corregida.

Los equipos no requieren tener una gran precisión, pero se debe tener en cuenta la estabilidad, por su tendencia a sobre corregir errores que pueden producir oscilaciones de amplitud constante o variable.



**Figura 2. Sistema de Control de Lazo Cerrado**

## **2. 3. CONTROL SUPERVISOR**

Para alcanzar la máxima seguridad de funcionamiento y lograr la optimización idónea del proceso, el computador podría determinar los puntos de consigna más convenientes en cada instante, aplicarlos a los lazos de control situados dentro del propio computador o bien en el exterior en controladores individuales. Este tipo de control recibe el nombre de “control de puntos de consigna” o SPC (set point control), o bien control supervisor. Dentro del control supervisor se usa el termino SCADA (supervisory control and data acquisition) significando el uso de un ordenador huésped (host) que usa los datos transmitidos desde el campo y presenta los resultados al operador para que inicie alguna acción de control y utiliza unidades remotas de transmisión situadas a largas distancias del ordenador.

Poco a poco, las funciones aportadas por los sistemas SCADA se han hecho semejantes al control distribuido y la única diferencia reside en el tipo de circuito. SCADA transmite las señales a través de circuitos de baja velocidad y poco fiables para la integridad de los datos (líneas telefónicas y radio), mientras que el control distribuido lo hace mediante circuitos locales de alta velocidad y seguridad de transmisión.

### **2.3.1. CONTROL DISTRIBUIDO**

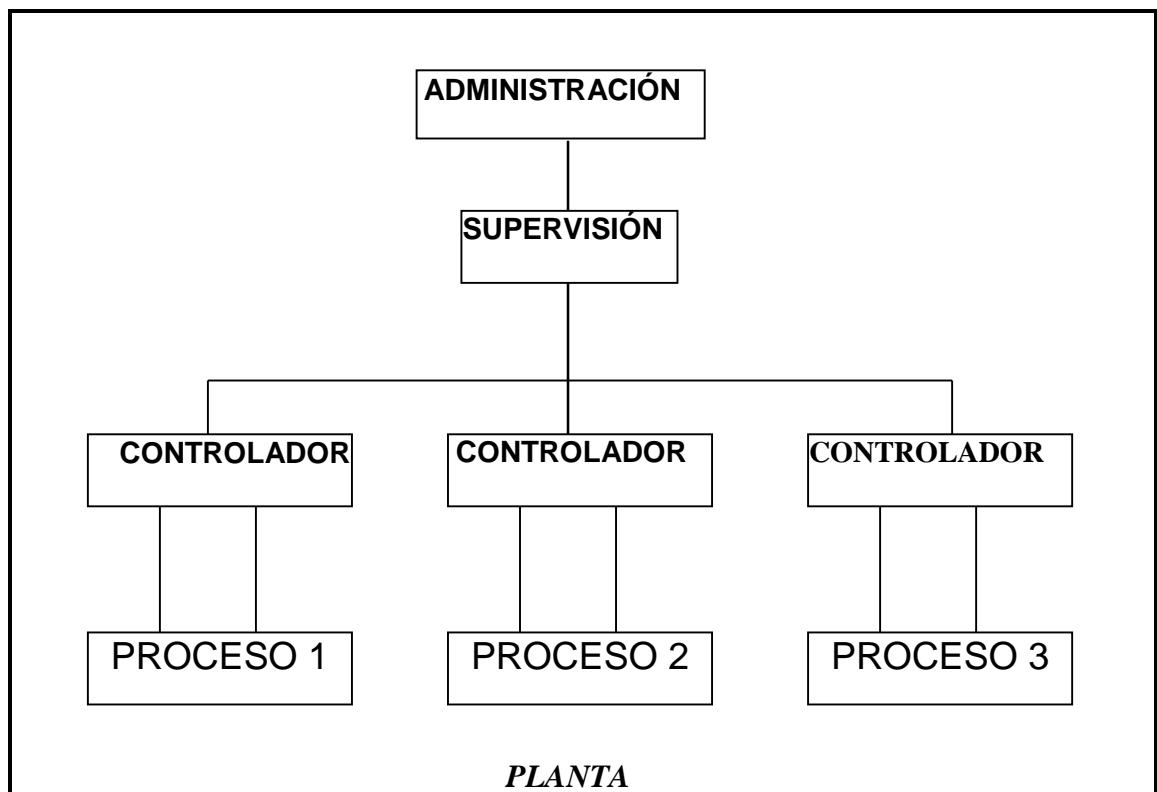
El ordenador personal también incorporado al control distribuido permite la visualización de las señales de múltiples transmisores, el diagnóstico de cada lazo de transmisión, el acceso a los datos básicos de calibración y a los datos de configuración de los transmisores.

El controlador multifunción que, al utilizar en su programación un lenguaje de alto nivel, se asemeja a un ordenador personal, proporciona funciones de control lógico que permiten regular un proceso discontinuo (batch control), y el manejo de procesos complejos, en los que el controlador básico está limitado.

La estación del operador proporciona la comunicación con todas las señales de la planta para el operador de proceso, el ingeniero de proceso y el técnico de mantenimiento. La presentación de la información a cada uno de ellos, se realiza mediante programas de operación.

Las alarmas son importantes en el control de procesos. Existen alarmas de alto y bajo valor de la variable, alarma de desviación entre el punto de consigna y la variable controlada, alarmas de tendencia que actúan si la variación de la variable excede de un valor prefijado, alarmas de estado de la señal de entrada o de salida etc.

El control distribuido tiene una seguridad mejorada con relación a los sistemas convencionales de control. Cabe pues afirmar que los sistemas de control distribuido se han consolidado en el mercado como los sistemas ideales de control.



**Figura 3. Sistema de Control Distribuido**

### **3. CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's)**

Un controlador lógico programable está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos integrados. Cuando el controlador es del tipo modular las diferentes tarjetas que tienen funciones específicas quedan alojadas en racks agrupadas convenientemente para un funcionamiento en conjunto. Asimismo, todas las tarjetas están conectadas a través de elementos de bus, que son circuitos por donde fluye la información y generalmente se encuentran en la parte posterior. El controlador programable tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, por ejemplo una microcomputadora.

La estructura básica del hardware de un controlador programable propiamente dicho está constituida por:

- ) Fuente de alimentación.
- ) Unidad de procesamiento central (CPU)
- ) Módulos de interfaces de entrada /salida (E/S).
- ) Módulos de memoria.
- ) Unidad de programación.





**Figura 4. Controlador Lógico Programable**

## **CLASES DE PLCs**

### **a. PLC Compacto**

El término compacto se refiere al hecho de que en una sola unidad están reunidos la fuente de alimentación, el procesador, la memoria y las interfaces de Entrada y Salida.

Las principales ventajas que presentan estos PLC compactos son las siguientes:

- Son incomparablemente económicos.
- La selección es muy sencilla.
- Incorporan fuente interna para la alimentación de entradas discretas en DC.

- Están previstas para exigentes condiciones de funcionamiento (fluctuaciones de tensión, temperatura, humedad, vibraciones mecánicas, etc.).
- Software para programación desde PC compatible.

#### **b. PLC Compacto y modular**

La parte compacta se refiere al hecho de que en la unidad básica del PLC están reunidos la fuente de alimentación, el procesador, la memoria y algunos módulos de Entrada y Salida. El termino modular se refiere al hecho de que estos equipos son expansibles mediante la adición de módulos, tanto de entradas o salidas, discretas o analógicas, además de módulos inteligentes para comunicación serial, conexión a módem, conexión a red industrial, etc.

#### **c. PLC Modulares**

Estos PLC presentan tarjetas que se insertan en los slots (compartimentos) de una o más racks (cajas).

Los controladores lógicos programables debido a sus características como modularidad y posibilidad de incorporar tarjetas inteligentes para realización de tareas específicas se han convertido en un poderoso medio de mando y control de máquinas y procesos de producción. Sin embargo, debido a su estructura y lenguajes de programación, no están dotados de una gran capacidad para el proceso de datos, pues no es esta su finalidad.

#### **4. ACTUADORES**

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, gases o de energía eléctrica. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y entrega una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

)Hidráulicos

)Neumáticos

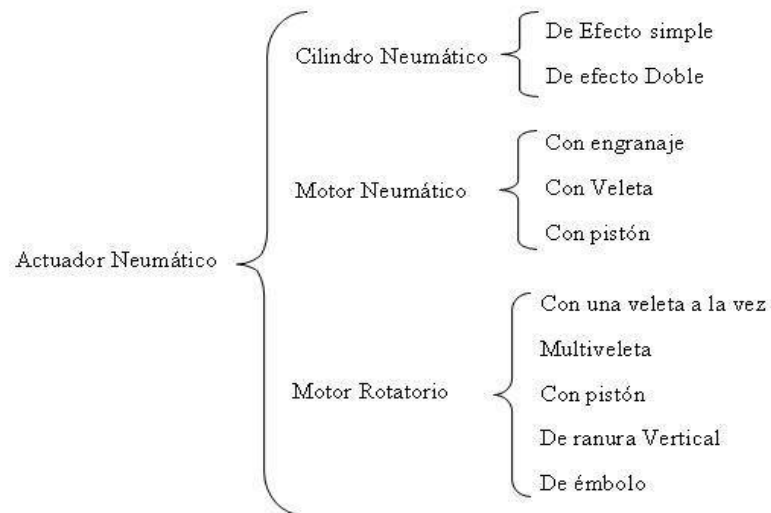
)Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

Los actuadores eléctricos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizarán en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

a) **Actuadores Neumáticos**

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. Se clasifican de la siguiente manera:



Cilindro Neumático



Motor Neumático

**Figura 5. Cilindro y Motor Neumáticos**

## **b) Actuadores Eléctricos**

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requiere de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

## **CAPITULO III**

### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL**

---

#### **1. LA EMPRESA**

##### **1.1. GENERALIDADES**

Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A, se encuentra ubicada en el Km. 7 de la carretera Chiclayo - Chongoyape en el distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, Región Lambayeque. Dedicada a producir azúcar a partir del cultivo de caña de azúcar, así como sus derivados (melaza, chancaca y bagazo), al cultivo de remolacha azucarera en fase de experimentación, y a la agro exportación en menor escala con cultivos de pimientos dulces y picantes como páprika, guajillo, jalapeños habaneros y eventualmente alcachofas, basados en normas ambientales y de responsabilidad social.

Pomalca es una empresa dedicada al procesamiento y elaboración de caña de azúcar, en el año 2016 se produjeron 1'622,780 bolsas de 50 Kg correspondiendo al 7.5% de la producción nacional de ese año.

Para poder lograr esta producción la empresa labora tres turnos de 8 horas cada uno. Siendo el área de Planta de Fuerza la generadora de los fluidos y energía necesaria para la planta, esta área cobertura los tres turnos al día durante toda la semana contando para ello con 4 operadores (incluye cobertura de vacaciones y descansos).

La operación de las calderas es fundamental, aparte de tener más equipos a cargo como los compresores de NH<sub>3</sub>, los compresores de aire y el grupo electrógeno, los operadores supervisan el correcto funcionamiento de la caldera. Visualizan y registran el valor de la presión del vapor generado de la caldera, arrancan el equipo a inicios de la semana coordinando con las áreas que demandan vapor, así mismo verifican el nivel de agua de la caldera, el flujo del gas que ingresa y la temperatura interna de la caldera

Actualmente la Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A. Cotiza en la Bolsa de Valores de Lima con Respaldo del Grupo Oviedo como Inversionista. Desde el ingreso de este grupo empresarial, enormes han sido los esfuerzos para mejorar los campos, la fábrica, la producción de caña y la obtención de azúcar.

Unido a los cambios sustanciales en fabricación, es la responsabilidad social un puntal fundamental que no está ausente. Todo ello es reflejo de un trabajo ordenado y serio que transformó a la agroindustrial en una empresa viable, competitiva y rentable. Son diversos los proyectos que se han implementado en la comunidad regional, como salud, educación, medio ambiente, respeto laboral, capacitación del recurso humano, cumplimiento tributario tanto al Estado como a las Instituciones públicas tal cual como la ley gubernamental confiere efectuar.

La Empresa Pomalca hoy en día se ha transformado en una empresa agroindustrial innovadora, promotora de desarrollo de productos alternativos, que genera y abre nuevos mercados.

## **1.2. UBICACIÓN**

La Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A. se ubica en el distrito de Pomalca, provincia Chiclayo, Región Lambayeque, en el norte del Perú.



**Figura 3.1. Ubicación de la Empresa Pomalca**

## **2. ESTRUCTURA Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL**

### **2.1. GENERALIDADES**

Las calderas son equipos que generan vapor de agua para utilizarlo en múltiples actividades como agente transportador de calor (evaporación, secado, cocimiento, etc.) y como fluido de trabajo en centrales de energía eléctrica, para operatividad de esto es necesario tener flujos continuos y constantes de:

- ) Agua blanda (sin dureza)
- ) Combustible (pulverizado)
- ) Aire (Oxígeno)



Cada equipo consta de diversos mecanismos eléctricos y mecánicos, válvulas de diferentes tipos y controles, con el fin de poder controlar y proteger el funcionamiento de la caldera.

En la empresa agroindustrial Pomalca S.A.A., se tiene una caldera de tipo pirotubular de marca APIN. El presente estudio se centrará en el control y automatización de los subsistemas de ingreso de flujo de agua, combustible y aire a dicha caldera.

Los principales equipos que existen para la generación de vapor, en esta planta industrial, son los siguientes:

- ) caldera propiamente dicha
- ) ablandador de agua
- ) tanque de condensado
- ) manifold de vapor
- ) equipos de bombas de agua y combustible

Para un mejor entendimiento se ha creído conveniente tratar por separado los sub-sistemas de alimentación de agua, de condensado y combustible.

## **2.2. SUB-SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA**

El agua es suministrada por los diferentes pozos que tiene la empresa y se distribuye a las diferentes instalaciones de la misma.

Pero esta agua llega a gran presión y con dureza. Esta dureza que tiene el agua es perjudicial para la caldera porque produce incrustaciones, corrosión, entre otros perjuicios en las tuberías y depósitos de la caldera provocando un rápido deterioro de la misma por lo que existe un equipo ablandador de agua.

### **PROCESO DE ABLANDAMIENTO DE AGUA**

La dureza la dan las sales de calcio y magnesio que existen en el agua. Por lo que el equipo ablandador realiza como su nombre lo indica, el ablandamiento del agua, este consiste en eliminar las sales de calcio y magnesio, carbonatos y sulfatos.

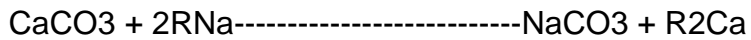
El proceso de ablandamiento consta de los siguientes equipos:

- ) 1 tanque ablandador

- ) 1 tanque de salmuera
- ) tuberías
- ) válvulas

#### **a) TANQUE ABLANDADOR**

Este tanque contiene un lecho de resina que al paso del agua dura por ella, se produce un intercambio iónico:



En la resina queda el calcio y el magnesio, y el agua sale con sodio. Cuando la resina se satura, se procede a realizar la regeneración de la misma.

La regeneración se realiza aproximadamente cuando se haya ablandado 140 m<sup>3</sup> de agua, para esto se utiliza sal diluida (solución de NaCl) que se encuentra en el tanque de salmuera. Primero se cierra la válvula de ingreso de agua pura, luego se hace un enjuague para eliminar las moléculas de sodio con calcio y magnesio que existen en la resina, para después dejar ingresar la salmuera al ablandador con lo cual la resina obtiene el sodio de la salmuera, quedando el ablandador regenerado para continuar con su trabajo.



***Figura 3.2. Tanque Ablandador***

#### **b) TANQUE DE SALMUERA**

Tiene conexión con una bomba, la cual sirve para suministrar la presión necesaria a la salmuera para que pueda circular por el ablandador cuando se realice la regeneración.



***Figura 3.3. Tanque de Salmuera***

## **ALIMENTACIÓN DE AGUA DURA**

El agua dura no necesita de una bomba para su circulación a través de las tuberías y ablandadores debido a la presión con la que ingresa, por lo que el ingreso del agua al equipo de ablandamiento se controla manualmente mediante una válvula compuerta.

## **2.3. SUB-SISTEMA DE CONDENSADO**

### **a) TANQUE DE CONDENSADO**

Una forma de ahorrar agua de alimentación a la caldera es recuperar el vapor que se condensa luego de realizar un trabajo o suministro de calor, por lo que existe un circuito de tuberías y pequeños tanques para recuperar el condensado. Se trata de recuperar la máxima cantidad posible de condensado. El tanque de condensado recibe el condensado que se produce y el agua blanda que proviene del equipo ablandador. El caudal de condensado que ingresa al tanque es mucho mayor que el caudal de agua blanda.

Las tuberías de condensado que ingresan al tanque se encuentran aisladas térmicamente con el propósito de mantener su temperatura.

La temperatura promedio del condensado dentro del Tanque, oscila entre 60 a 70 °C.

El agua blanda se utiliza sólo para compensar el volumen de vapor o condensado que se fuga o pierde a través de juntas de tuberías y válvulas, y dependiendo del nivel de agua que tiene el Tanque de Condensado.



***Figura 3.4. Tanque de Condensado***

#### **b) BOMBAS DE SALIDA DE TANQUE DE CONDENSADO:**

Existen dos, funciona solo una a la vez, la otra está de reserva. El encendido o apagado de los motores eléctricos de las bombas de salida del tanque de condensado dependen del nivel de agua en la caldera.



***Figura 3.5. Bombas de Salida de Tanque de Condensado***

#### **2.4. SUB-SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE**

El combustible que se utiliza en la caldera es gas licuado de petróleo (GLP), que se almacena en un tanque especial externo. Este tanque cuenta con protecciones para evitar que pueda suceder algún incidente de explosión, está cubierto por una estructura de concreto, así como válvulas de alivio en caso de sobrepresión.

El GLP que está en fase líquida, pasa por un sistema de vaporizadores que elevan la temperatura pasando a estado gaseoso. Este gas es enviado a través de una tubería hacia la caldera, reduciendo previamente la presión de 10 bar a 10 psi.



***Figura 3.6. Tanque de GLP***

## **2.5. SUB-SISTEMA DE CALDERA**

El ingreso del caudal de agua depende de la presión que existe en el interior de la Caldera. A medida que la presión aumente o disminuya, la válvula de ingreso de agua de alimentación se abrirá o cerrará automáticamente, así mismo se envía la señal necesaria para encender la bomba de salida del tanque de condensado. Para llevar el control de la presión de vapor generado, se cuenta con un presostato que está ubicado en la tubería de salida de vapor.

La presión máxima de trabajo que debe existir dentro de la Caldera es de 120 psi, a la temperatura de 150 °C.





***Figura 3.7. Vista lateral de la Caldera***



***Figura 3.8. Presostato en la salida de Vapor***



## RELACIÓN DE AIRE – COMBUSTIBLE A LA CALDERA

La cantidad de aire – combustible que ingresa a la caldera depende de la presión del vapor que exista dentro de la Caldera. Al aumentar la presión de vapor, da a entender que existe en la caldera un gran volumen de vapor generado, por lo que ya no es necesario ingresar más combustible y aire, para generación de vapor; entonces mediante ciertos mecanismos (electro-mecánicos) se procede al cerrado de la válvula de ingreso de combustible y al cerrado de las persianas (estas controlan el ingreso del aire del ambiente al interior de la caldera).

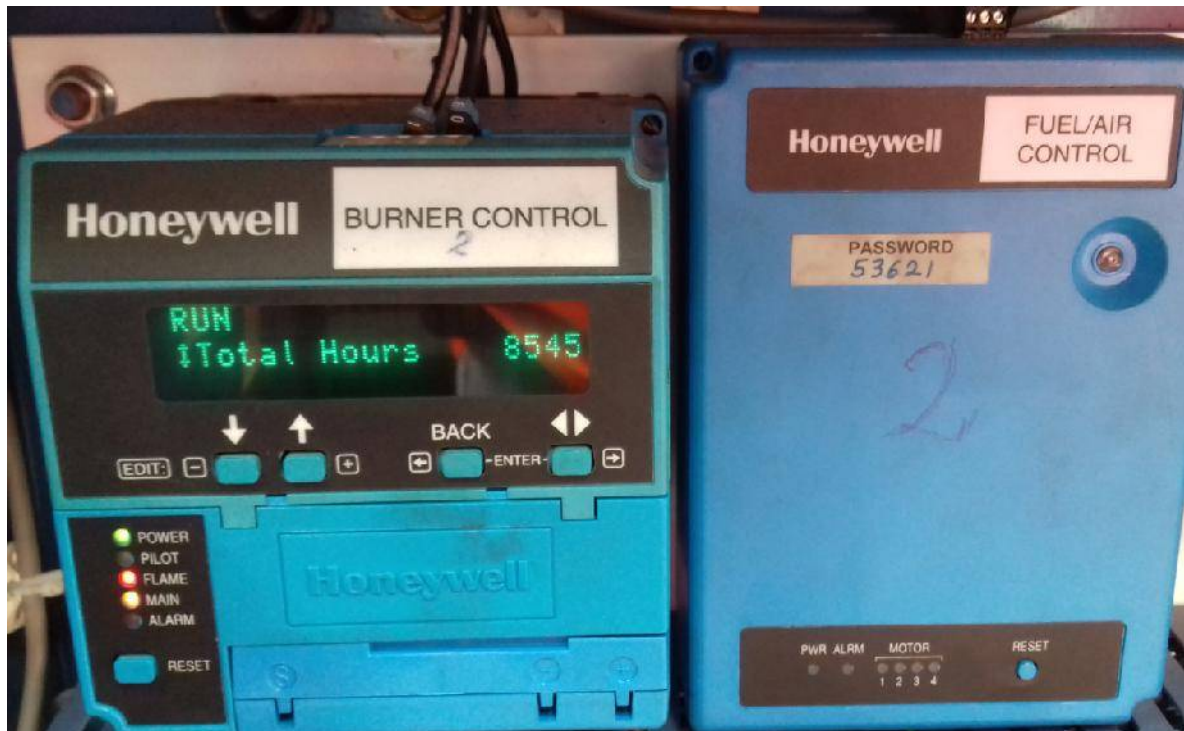
Si la presión de vapor dentro de la caldera es baja, significa que hay poca generación, por lo que es necesario mayor cantidad de aire – combustible, de esta manera la válvula de combustible y persianas se abren, para aumentar la combustión produciendo así mayor cantidad de vapor.

El aire es suministrado por un soplador centrífugo montado en la tapa de la caldera.



***Figura 3.9. Soplador y persianas en tapa frontal***

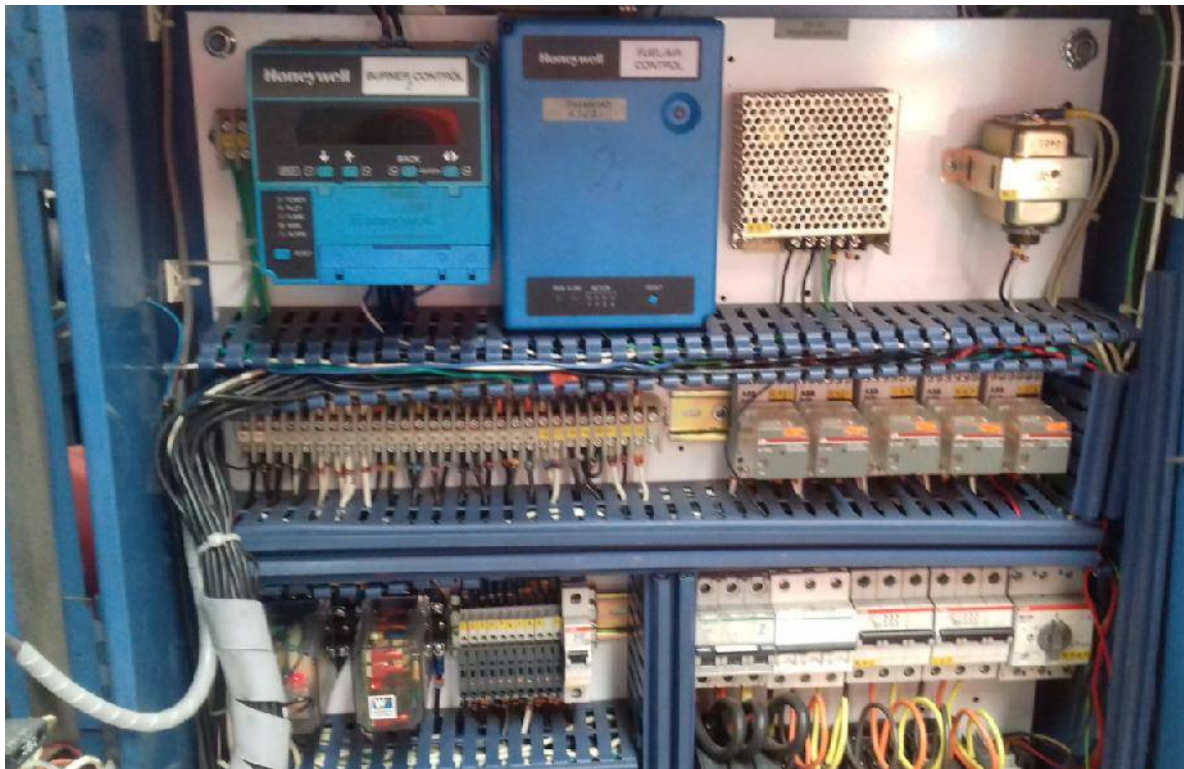
Para obtener una combustión eficiente, se dispone de un controlador que regula la proporción necesaria de aire-combustible.



***Figura 3.10. Regulador Aire-Combustible***

### **TABLERO DE CONTROL DE LA CALDERA**

El tablero de control actual se compone de relés y contactores, este sistema es el que se va a rediseñar cambiando por controladores lógico programables y por instrumentos más modernos acorde con los sistemas de control actuales, implementando los algoritmos de control respectivos.



**Figura 3.11. Vista Interna del Tablero de Control**



**Figura 3.12. Selectores e Indicadores del Tablero de Control**

### 3. DETERMINACION DE PUNTOS CRITICOS DE CONTROL

Los puntos más críticos de control que se deben tener en cuenta para el control de la caldera son:

- ) La presencia de llama, a través de una célula Firetrón para verificar e interrumpir el abastecimiento del combustible en caso que la llama se apague.
- ) La presión interna de la Caldera

- ) La temperatura interna de la Caldera
- ) El nivel de agua en la Caldera

Así mismo se deben tener en cuenta los siguientes puntos del sistema:

- ) Válvulas de Seguridad: estas válvulas protegen a la caldera contra posible aumento de la presión fuera de los límites de seguridad.
- ) Válvulas de Purga de la Columna de Agua: esta válvula o válvulas son suministradas para que la columna de agua y su tubería puedan ser periódicamente purgadas y de esta manera se mantengan limpias.
- ) Válvula Solenoide del Combustible: esta válvula abre y cierra mediante accionamiento eléctrico, controlando el paso de combustible a la tobera del quemador.
- ) Motor del Soplador: este motor tendrá arranque directo, y será controlado por un contactor verificando que esté se energice, ya que el aire es necesario para realizar la combustión.

Así mismo se ha realizado una relación de las principales variables que deberían ser controladas para activación de alarmas o paradas de emergencia:

temperatura alta en el motor del ventilador

alarma de alta presión de vapor

alarma de baja presión de vapor

interruptor de nivel bajo de agua

interruptor de nivel alto de agua

switch de posición de arranque (Interruptor de arranque)

switch de sobre presión de seguridad de vapor

switch de límite de purga de agua

switch de arranque de bajo fuego

arrancador del ventilador soplador

switch de aire (presostato suministro de aire).

detección de llama

relay de detección de voltaje de 24 Vdc

manual/automático (selector).

## **CAPITULO IV**

### **DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN**

---

#### **1. GENERALIDADES**

El proceso de funcionamiento de una caldera, se puede dividir en tres etapas:

1. Consiste en la preparación de ciertos parámetros necesarios para que se produzca el arranque, tales como: temperatura del agua de alimentación, flujo adecuado de combustible, ajustes de los reguladores de persianas, de válvulas y la relación de aire / combustible en la posición mínima.

2. Se enciende el sistema para el arranque de la caldera, que secuencialmente y de acuerdo al programa realizado en lenguaje escalera, activa y/o desactiva relés, bobinas, y de no encontrarse problemas encenderá la caldera.
3. Encendida la caldera comienza la producción de vapor y para llevar a cabo la economía de combustible, es indispensable que se mantenga constante la más alta eficiencia posible. Esto se alcanza teniendo óptima la relación aire/combustible.

## **2. PLANOS DE INSTRUMENTACIÓN**

Para poder tener la conceptualización clara del proceso, y visualizar todos los componentes involucrados, así mismo poder establecer los lazos de control, se han diagramado los Planos de Instrumentación P&ID.

El proceso se ha dividido en cuatro subsistemas:

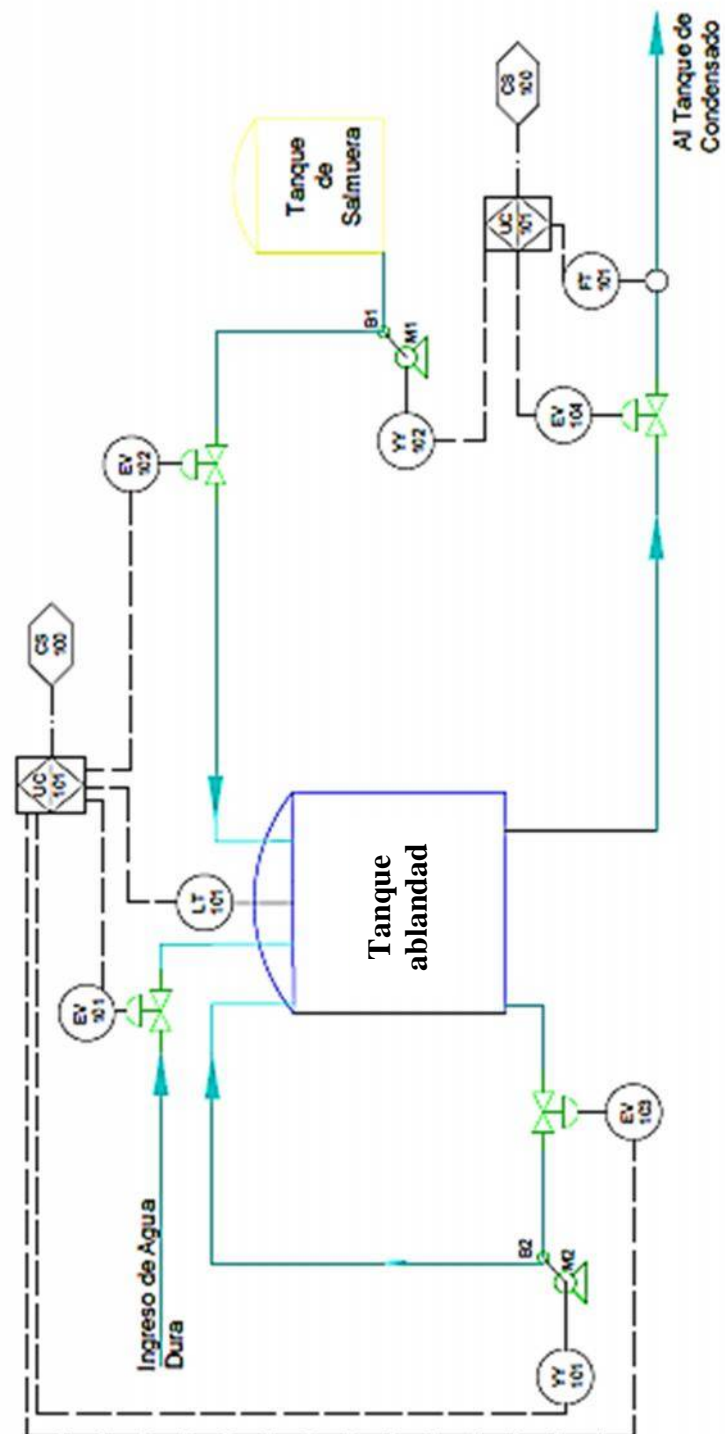
Subsistema de Alimentación de Agua

Subsistema de Condensado

Subsistema de Alimentación de Combustible

Subsistema de Control de la Caldera.

## SUB - SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA



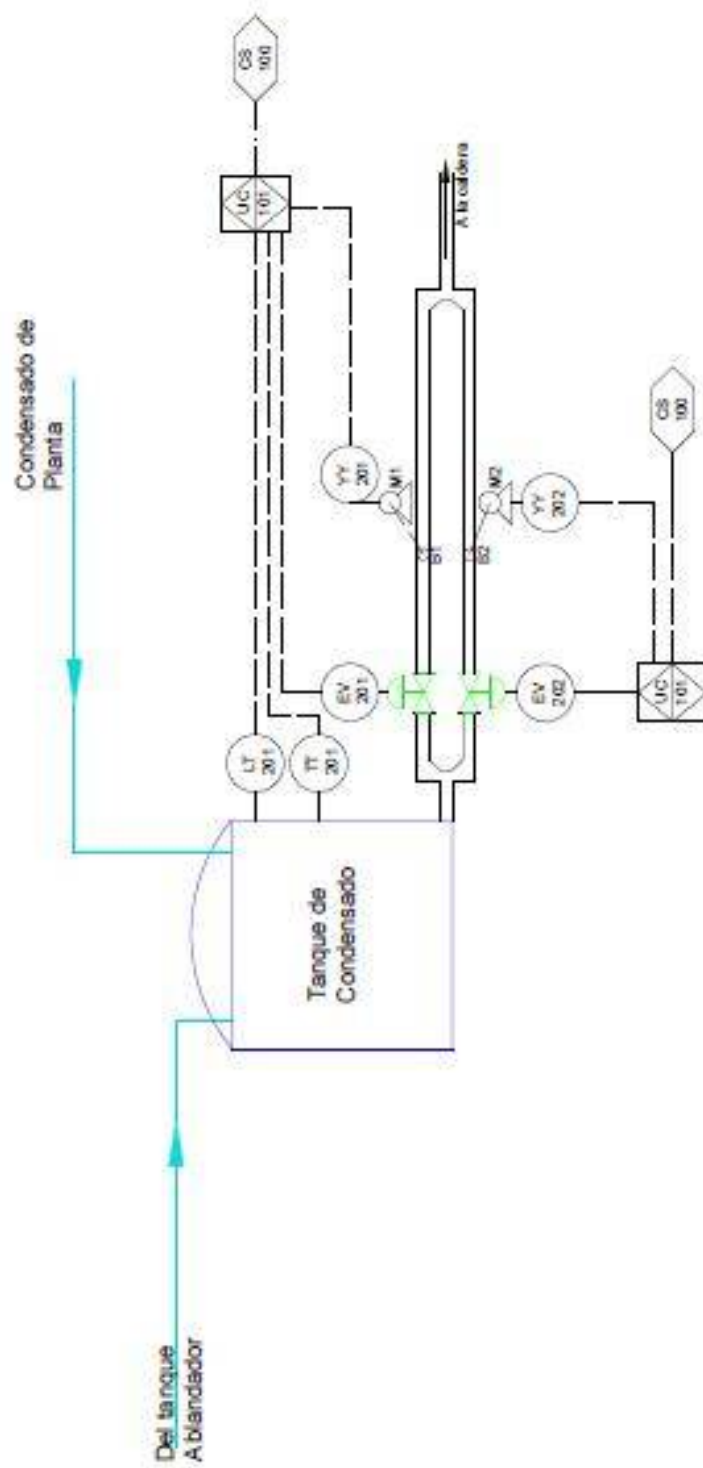


## LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR EN EL SUB-SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE AGUA

<b>EV101</b>	<b>Válvula solenoide, ingreso de agua dura de pozos</b>
<b>EV102</b>	<b>Válvula solenoide, salida de tanque de salmuera</b>
<b>EV103</b>	<b>Válvula solenoide, recirculación de tanque ablandador</b>
<b>EV104</b>	<b>Válvula solenoide, salida de tanque ablandador</b>
<b>LT101</b>	<b>Sensor de nivel del tanque ablandador</b>
<b>FT101</b>	<b>Sensor de flujo salida hacia tanque de condensado</b>
<b>YY102</b>	<b>Contactor de motobomba de salida de tanque de salmuera</b>
<b>YY103</b>	<b>Contactor de motobomba de recirculación en tanque ablandador</b>
<b>UC101</b>	<b>Controlador PLC ubicado en tablero</b>
<b>CS100</b>	<b>Unidad de Supervisión</b>



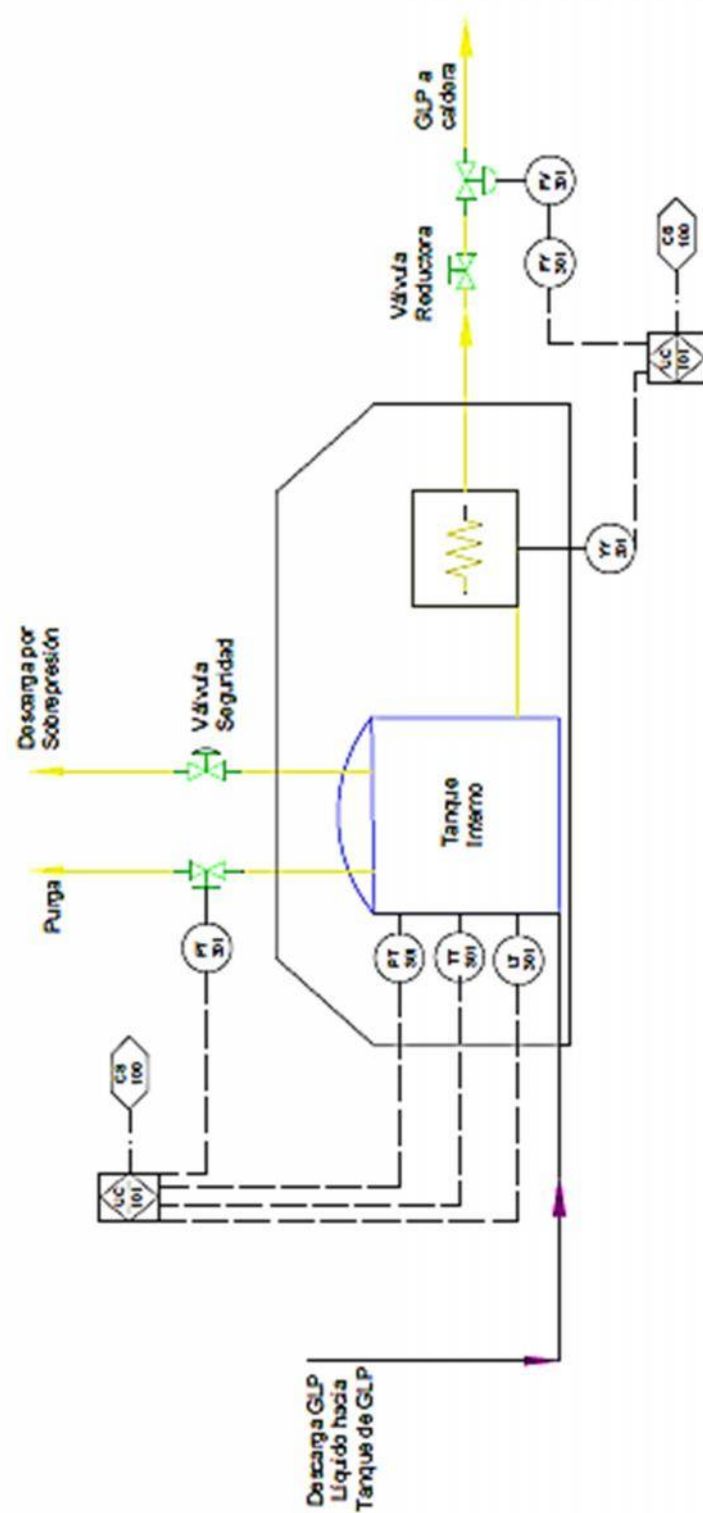
## SUB - SISTEMA DE CONDENSADO



**LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR EN EL SUB-SISTEMA DE CONDENSADO**

<b>EV201</b>	<b>Válvula solenoide de salida 1 del tanque de condensado</b>
<b>EV202</b>	<b>Válvula solenoide de salida 2 del tanque de condensado</b>
<b>LT201</b>	<b>Sensor de nivel del tanque de condensado</b>
<b>TT201</b>	<b>Sensor de temperatura del tanque de condensado</b>
<b>YY201</b>	<b>Contactor de motobomba salida 1 del tanque de condensado</b>
<b>YY202</b>	<b>Contactor de motobomba salida 2 del tanque de condensado</b>
<b>UC101</b>	<b>Controlador PLC ubicado en tablero</b>
<b>CS100</b>	<b>Unidad de Supervisión</b>

## SUB - SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE



**LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR EN EL SUB-SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE**

<b>EV301</b>	<b>Válvula solenoide de salida de purga de vapor</b>
<b>FV301</b>	<b>Válvula neumática de flujo, salida de GLP hacia la caldera</b>
<b>FY301</b>	<b>Convertidor I/P para válvula FV301</b>
<b>LT301</b>	<b>Sensor de nivel del tanque de GLP líquido</b>
<b>TT301</b>	<b>Sensor de temperatura del tanque de GLP líquido</b>
<b>PT301</b>	<b>Sensor de presión interna de tanque de GLP Líquido</b>
<b>YY301</b>	<b>Contactor de alimentación de calentador eléctrico</b>
<b>UC101</b>	<b>Controlador PLC ubicado en tablero</b>
<b>CS100</b>	<b>Unidad de Supervisión</b>



## LISTADO DE LOS INSTRUMENTOS A UTILIZAR EN EL SUB-SISTEMA DE CALDERA

<b>FV401</b>	<b>Válvula neumática de flujo, ingreso de GLP en gas a la caldera</b>
<b>FY401</b>	<b>Convertidor I/P para válvula FV401</b>
<b>FV402</b>	<b>Válvula neumática de flujo, ingreso de agua a la caldera</b>
<b>FY402</b>	<b>Convertidor I/P para válvula FV402</b>
<b>EV401</b>	<b>Válvula solenoide de flujo, seguridad de ingreso de GLP en gas a caldera</b>
<b>EV402</b>	<b>Válvula solenoide de flujo, salida de purga de agua</b>
<b>FT401</b>	<b>Sensor de flujo de ingreso de gas a la caldera</b>
<b>ZT401</b>	<b>Sensor de posicionamiento de persianas</b>
<b>XT403</b>	<b>Sensor de presencia de llama</b>
<b>PT401</b>	<b>Sensor de presión de salida de vapor</b>
<b>PT402</b>	<b>Sensor de seguridad de presión alta</b>
<b>LT402</b>	<b>Sensor de nivel de agua de la caldera</b>
<b>TT401</b>	<b>Sensor de temperatura de salida de vapor</b>
<b>ZY401</b>	<b>Tarjeta moduladora para motor de movimiento de persianas</b>
<b>YY401</b>	<b>Contactador de motor de soplador de ingreso de aire a la caldera</b>
<b>YR403</b>	<b>Electrodo de generación de chispa para encendido de caldera</b>
<b>UC201</b>	<b>Controlador PLC ubicado en tablero</b>
<b>CS100</b>	<b>Unidad de Supervisión</b>

### **3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL**

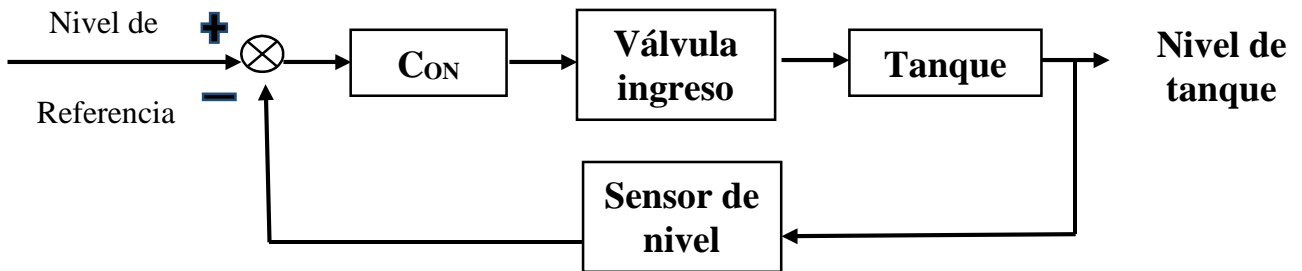
Para realizar el sistema de control de los procesos de la caldera, se ha optado por utilizar Controladores Lógicos Programables, y como algoritmo de control el Proporcional, el Integral y el Derivativo que regulará los elementos finales de control. Sus características esenciales pueden resumirse en un ejemplo aplicado a una válvula, así:

1. La acción proporcional varía la posición de la válvula en forma proporcional a la desviación de la variable con respecto al punto de consigna.
2. La acción integral mueve la válvula a una velocidad proporcional a la desviación con respecto al punto de consigna, eliminando desviaciones.
3. La acción derivada corrige la posición de la válvula en forma proporcional a la velocidad de cambio de la variable controlada.

#### **3.1. CONTROL DE NIVEL DEL TANQUE ABLANDADOR**

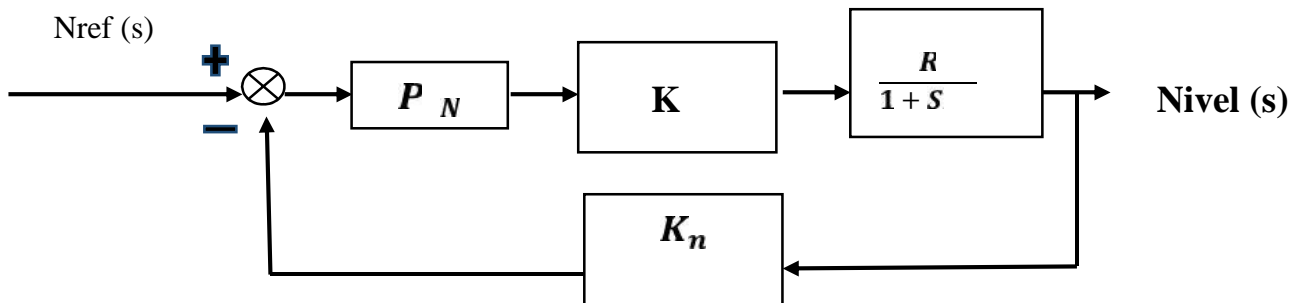
El control de nivel de este tanque es importante ya que abastece al tanque de condensado, el cual alimenta a la caldera. Como se revisó en el análisis anterior, a este tanque ingresa el agua dura de planta la cual debe ser tratada ingresando salmuera. Por el sistema mismo de llenado se ha considerado utilizar un controlador PI.

### Esquema de control



Considerando a  $C_{ON}$  como controlador de nivel

### Diagrama de bloques



Donde:

$K$  = constante de relación de la válvula

$K_n$  = Constante de relación del sensor de nivel

### Función de transferencia

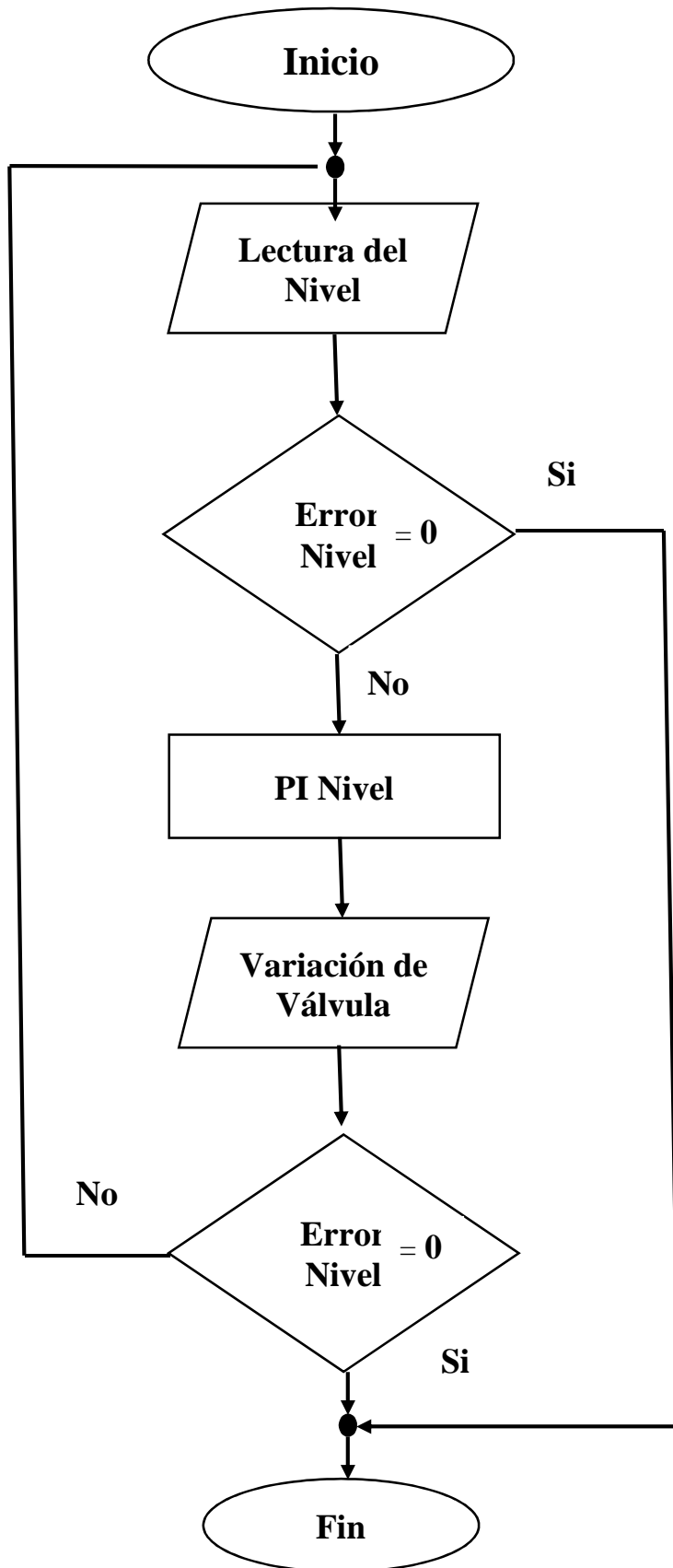
$$\frac{N(s)}{N_{ref}(s)} = \frac{P_N(K)(\frac{R}{1+s})}{1+(K)(P_N)(K_n)(\frac{R}{1+s})}$$

Donde:

$$P_N = \frac{(1+s \cdot T)}{(s' )} \longrightarrow \text{PI para nivel del tanque}$$

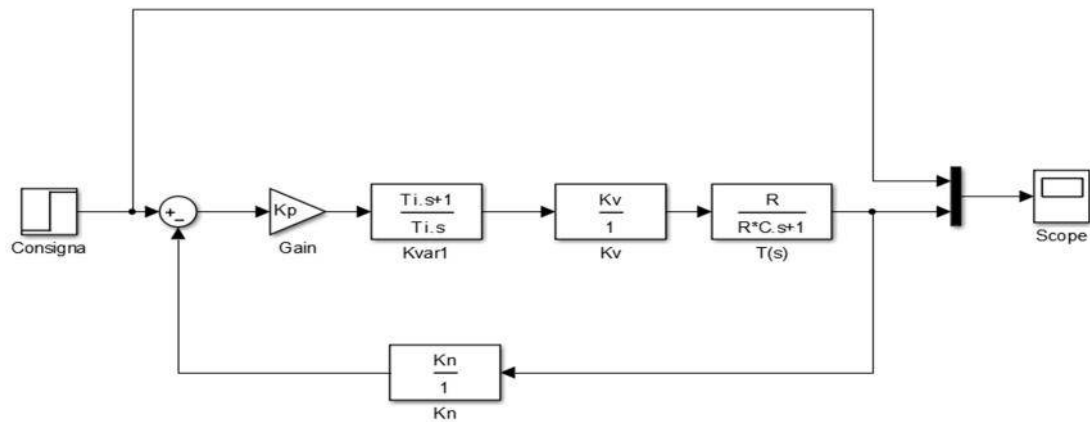


## Algoritmo de control

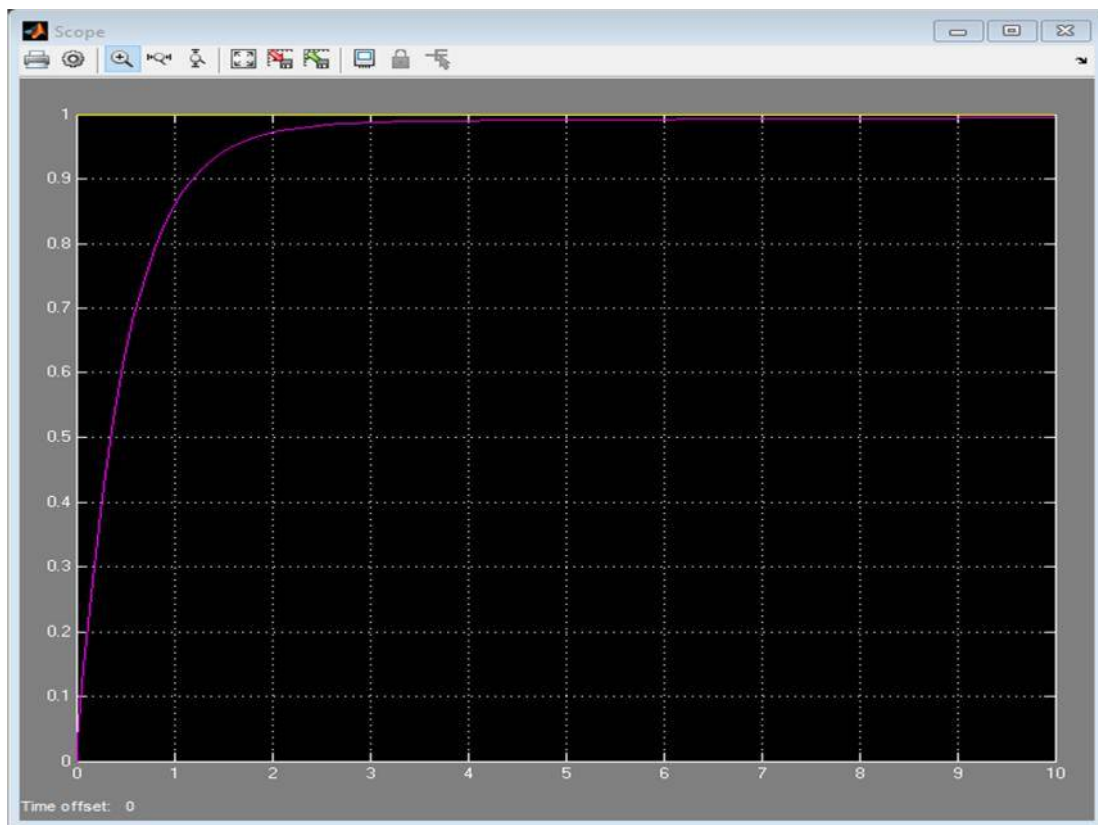


## Simulación en Matlab

### Diagrama de bloques en Matlab



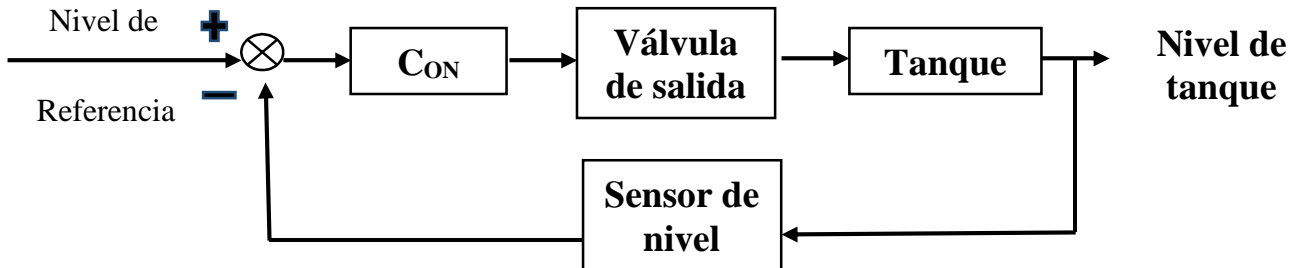
### Respuesta gráfica del control de nivel



### 3.2. CONTROL DE NIVEL DEL TANQUE DE CONDENSADO

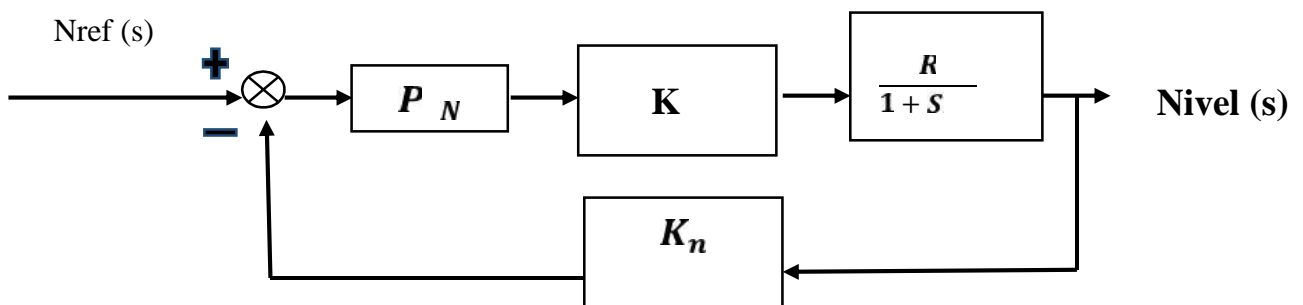
Este tanque es el que alimenta a la caldera. Por el sistema mismo de llenado se ha considerado utilizar un controlador PI.

### Esquema de control



Considerando a  $C_{ON}$  como controlador de nivel

### Diagrama de bloques



Donde:

$K$  = constante de relación de la válvula

$K_n$  = Constante de relación del sensor de nivel

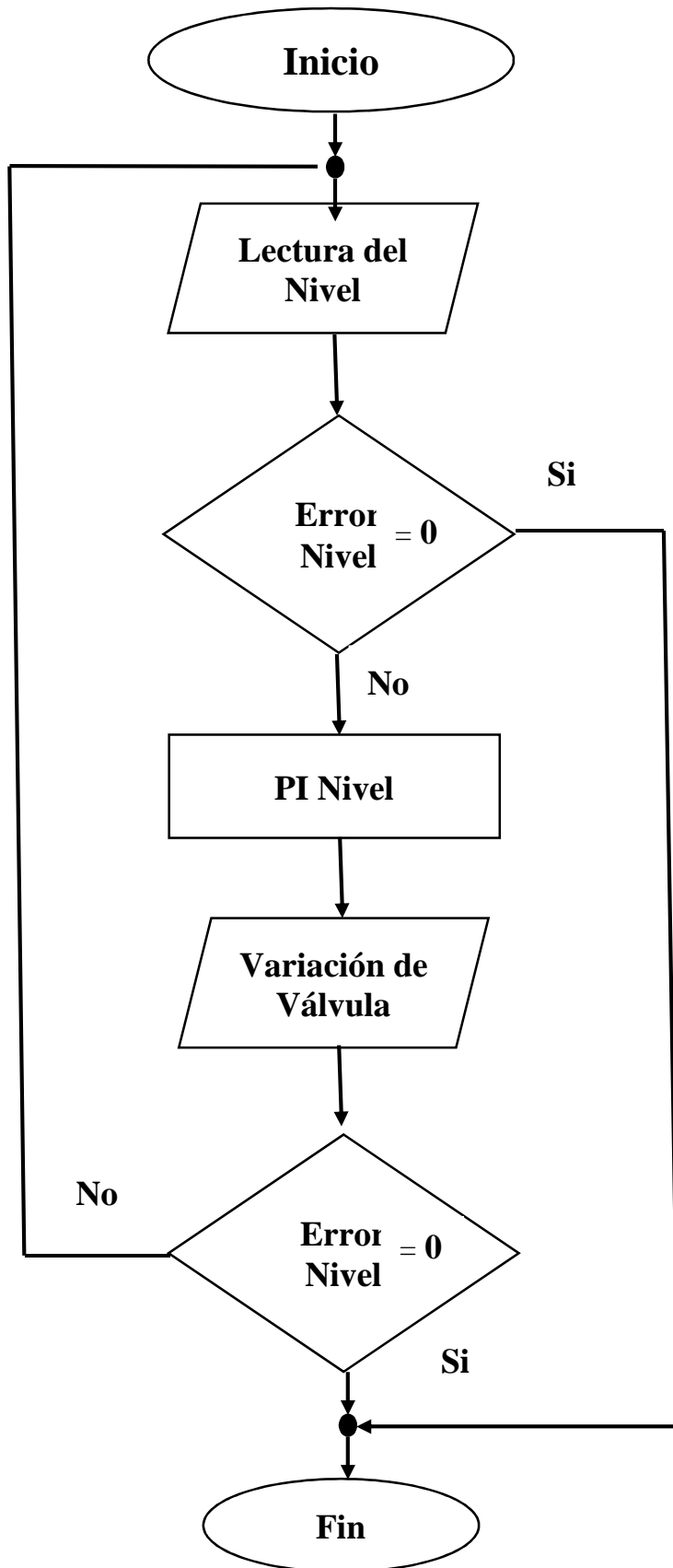
### Función de transferencia

$$\frac{N(s)}{N_{ref}(s)} = \frac{P_N(K) \left( \frac{R}{1+s} \right)}{1 + (K)(P_N)(K_n) \left( \frac{R}{1+s} \right)}$$

Donde:

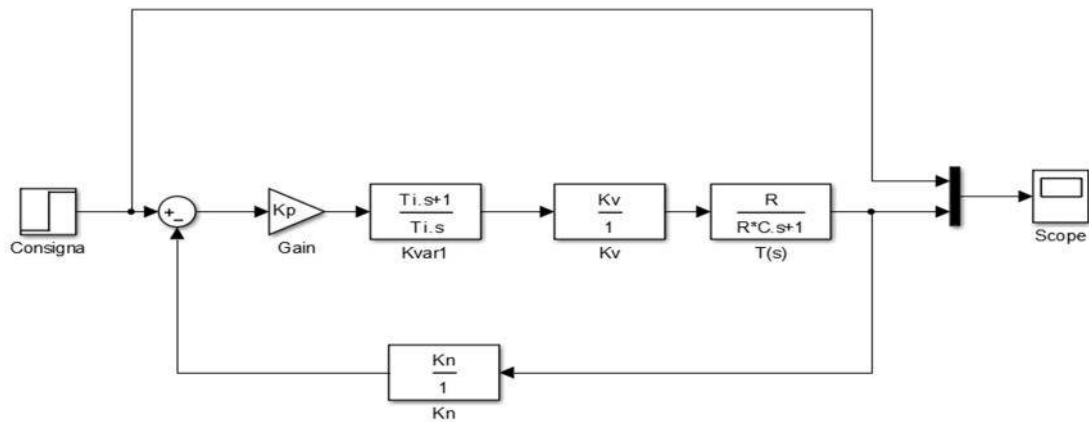
$$P_N = \frac{(1+s \cdot T)}{(s')^2} \longrightarrow \text{PI para nivel del tanque}$$

### Algoritmo de control

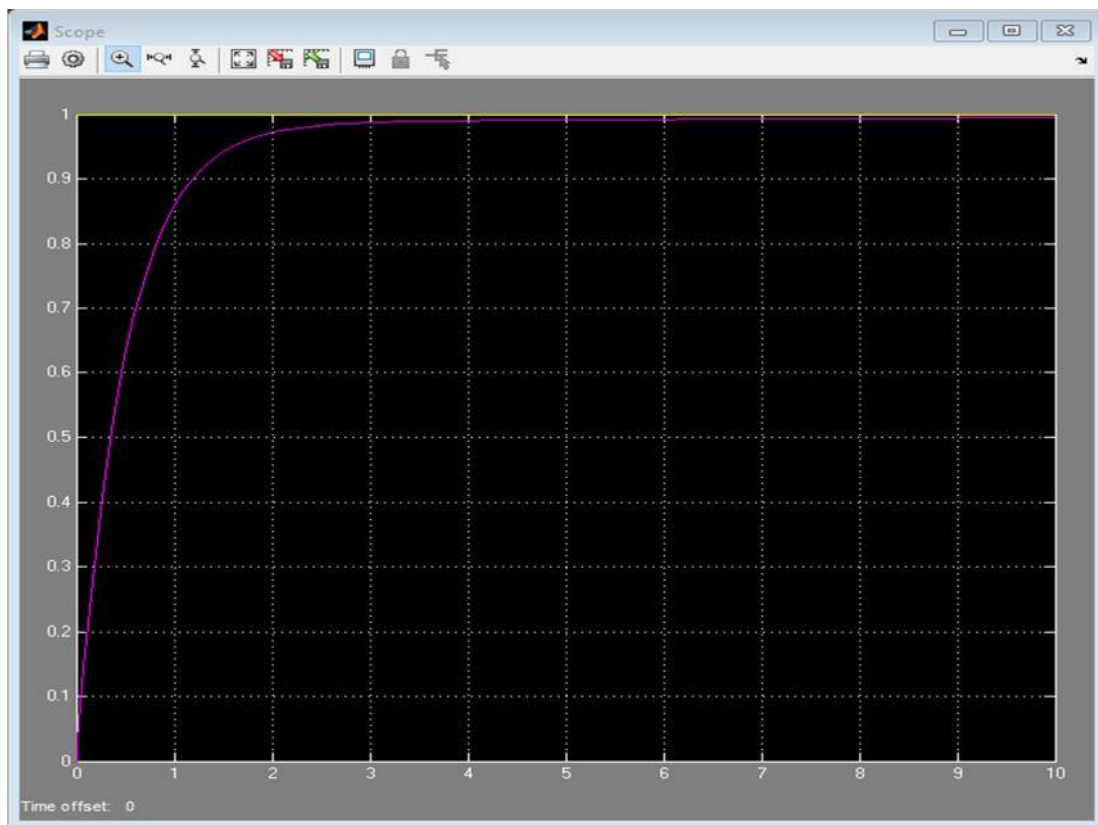


## Simulación en Matlab

### Diagrama de bloques en Matlab



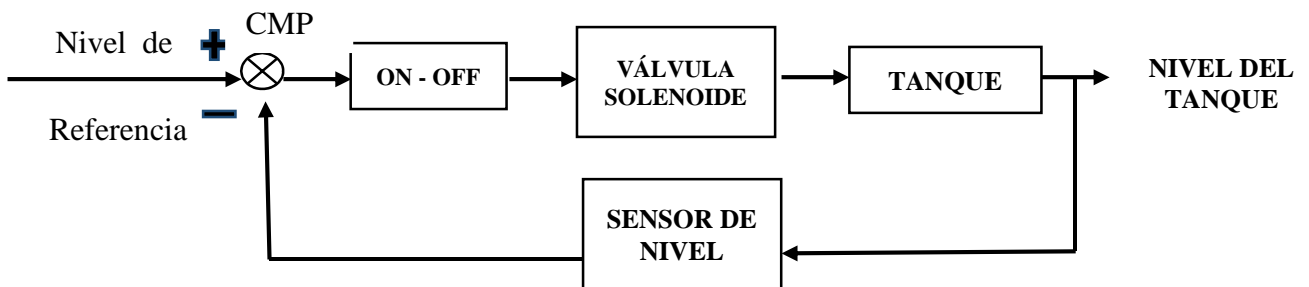
### Respuesta gráfica del control de nivel



### 3.3. CONTROL DE NIVEL DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE

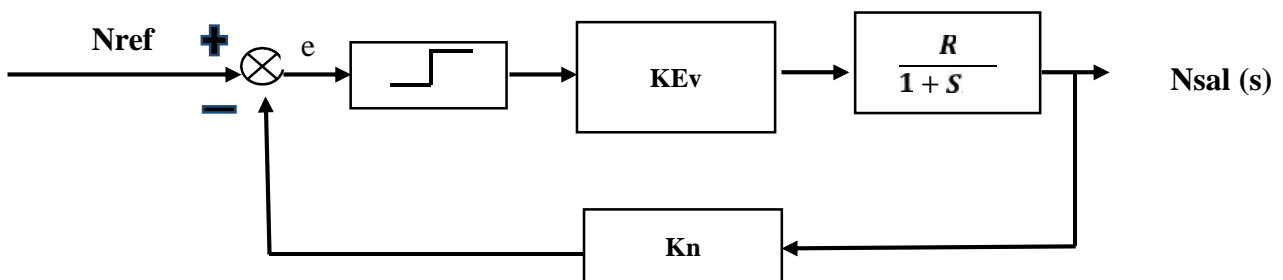
Este control es necesario para poder garantizar el abastecimiento de combustible hacia la caldera. Para fines del control este será on-off.

### Esquema de control



Considerando a CMP como comparador

### Diagrama de bloques



Donde:

$KE_v$  = coeficiente de la válvula solenoide

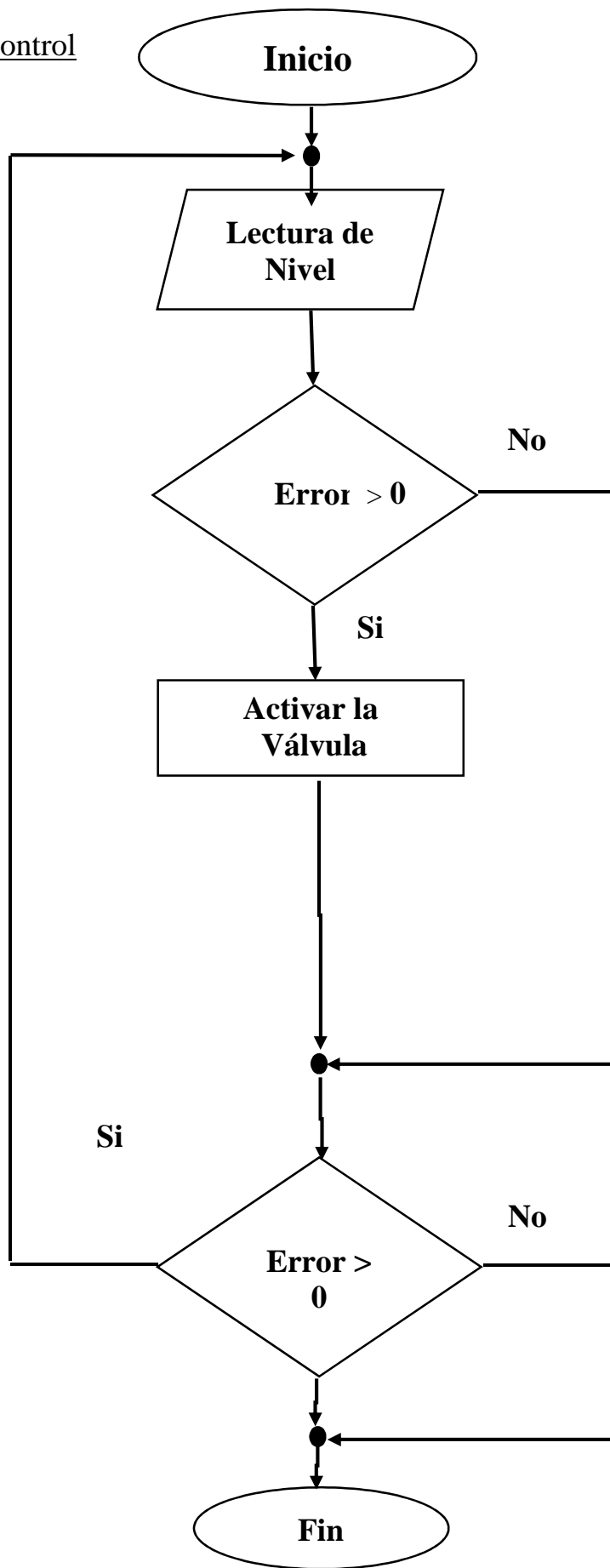
$Kn$  = constante de relación del sensor de nivel

### Función de transferencia

$$\frac{N(s)}{N(s)} = \frac{1 + (K_v)(R/(1+s))}{1 + (K_v)(R/(1+s)) + (K_n)(R/(1+s))}$$

Donde:

$1 +$  = control on-off

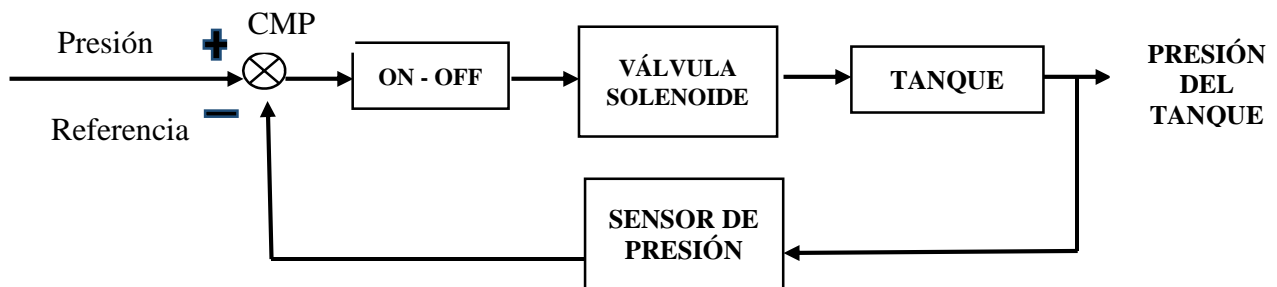


**3.4. CONTROL DE PRESIÓN DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE**



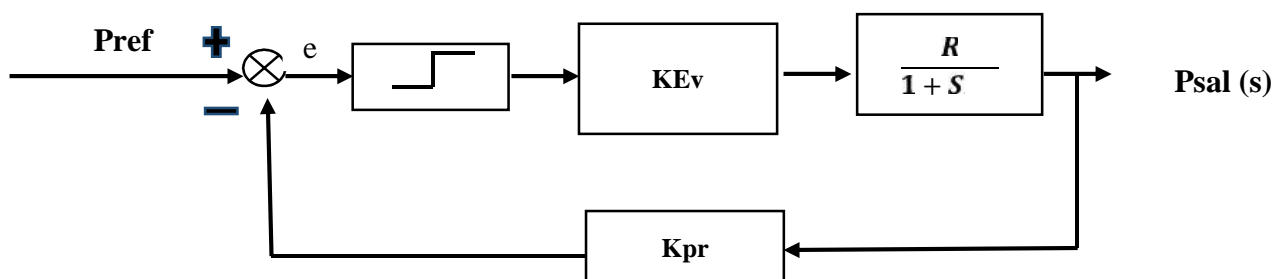
Este control se realiza para evitar posibles accidentes por una sobrepresión en el tanque de almacenaje de combustible. Para fines del control este será on-off.

### Esquema de control



Considerando a CMP como comparador

### Diagrama de bloques



Donde:

KEv = coeficiente de la válvula solenoide

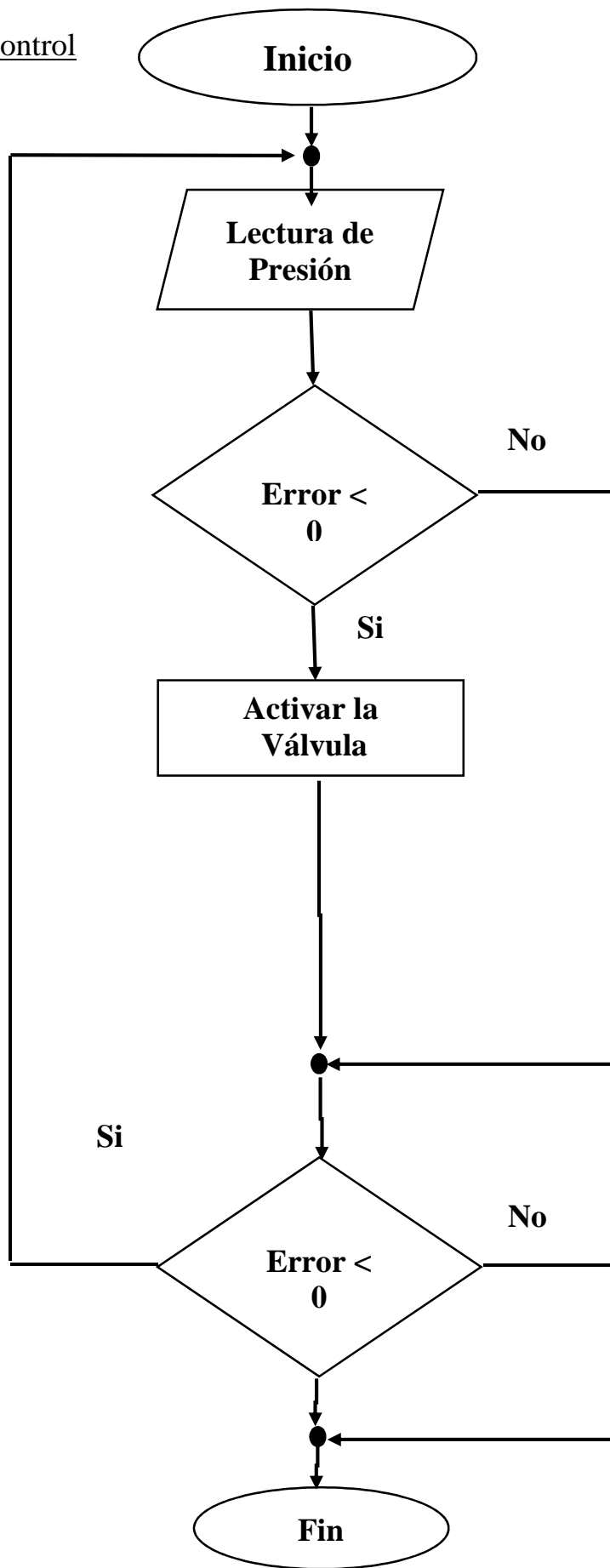
Kpr = constante de relación del sensor de presión

### Función de transferencia

$$\frac{P(s)}{P(s)} = \frac{(\text{on-off})(K_e)(R/(1+s))}{1 + (K_e)(\text{on-off})(K_p)(\frac{R}{1+s})}$$

Donde:

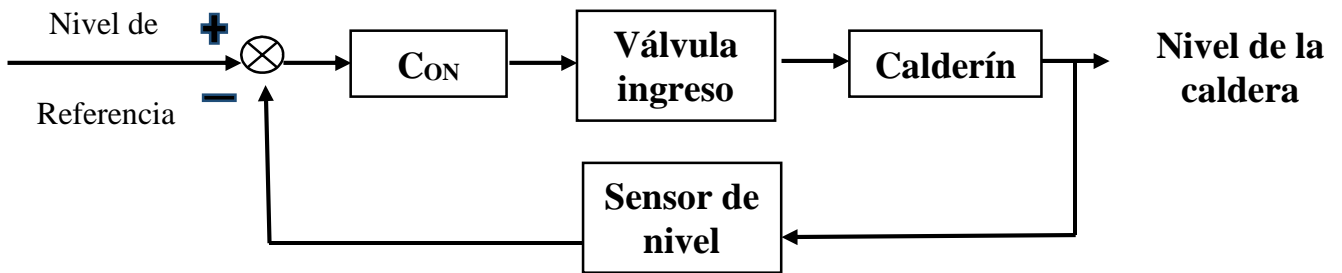
on-off = control on-off



**3.5. CONTROL DE NIVEL DE LA CALDERA**

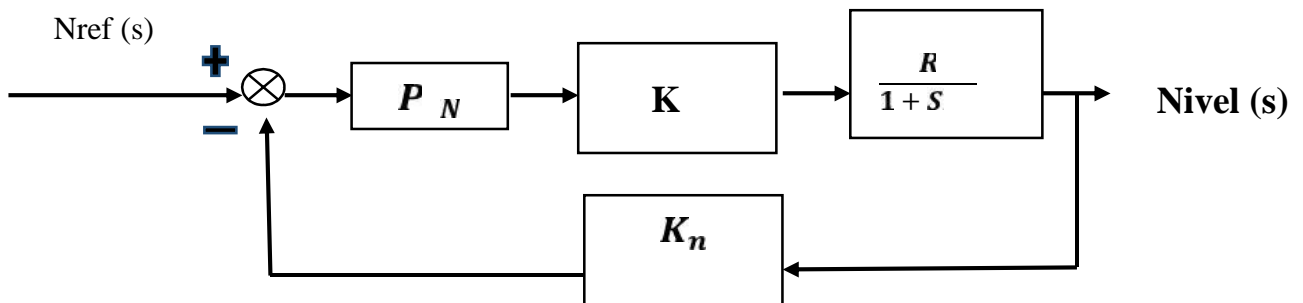
Esta variable es una de las más críticas ya que de esto dependerá el correcto funcionamiento de la caldera. Por el sistema mismo de llenado y de condición crítica, se ha considerado utilizar un controlador PI.

### Esquema de control



Considerando a  $C_{ON}$  como controlador de nivel

### Diagrama de bloques



Donde:

$K$  = constante de relación de la válvula

$K_n$  = Constante de relación del sensor de nivel

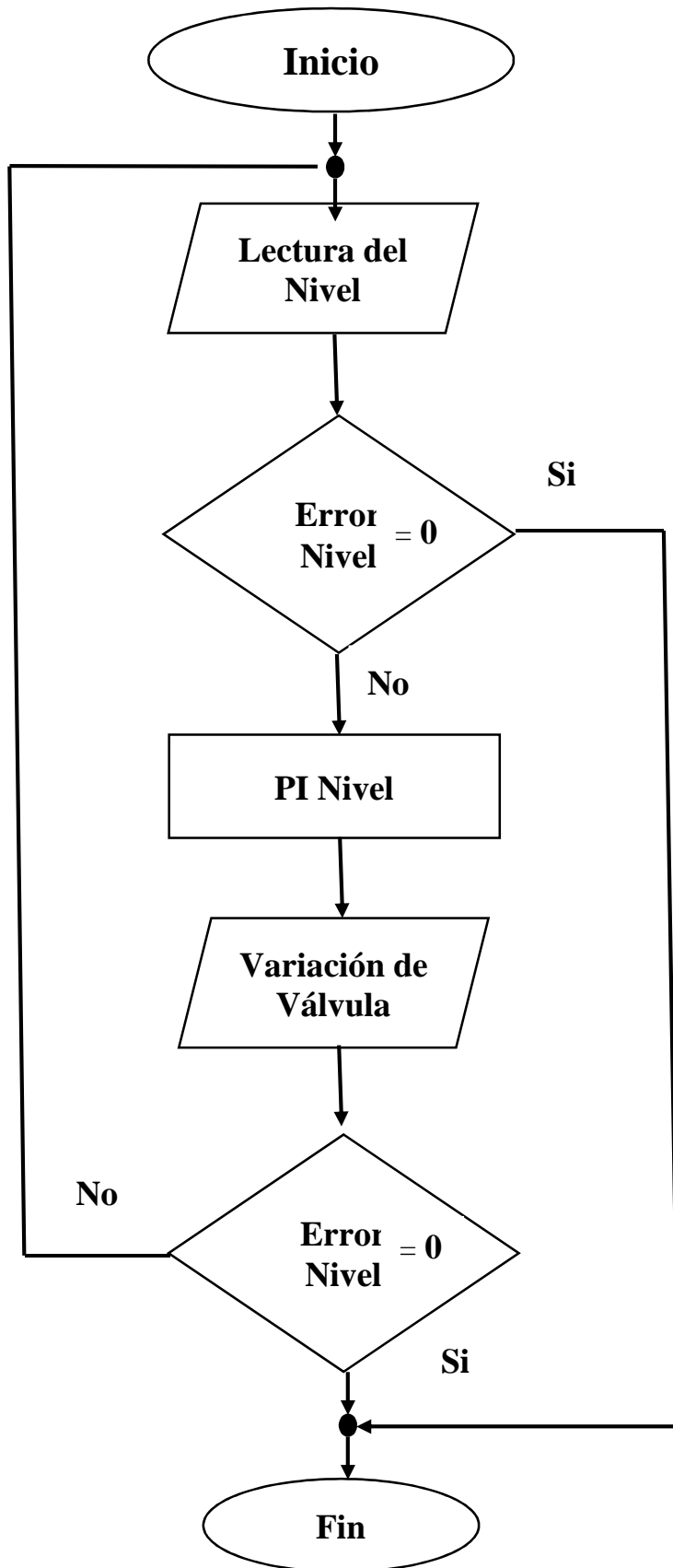
### Función de transferencia

$$\frac{N(s)}{N_{ref}(s)} = \frac{P(K) \left( \frac{R}{1+s} \right)}{1 + (K)(P)(K_n) \left( \frac{R}{1+s} \right)}$$

Donde:

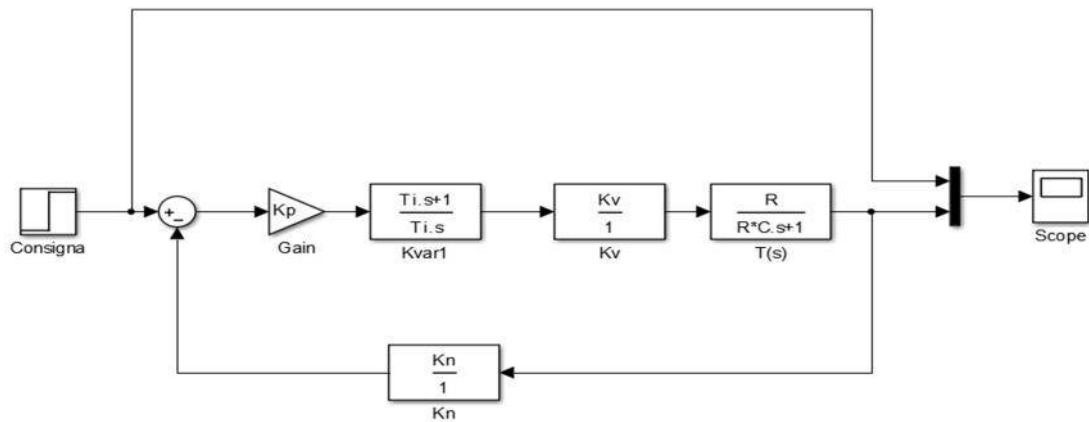
$$P_n = \frac{(1+s \cdot T)}{s} \longrightarrow \text{PI para nivel de la caldera}$$

### Algoritmo de control

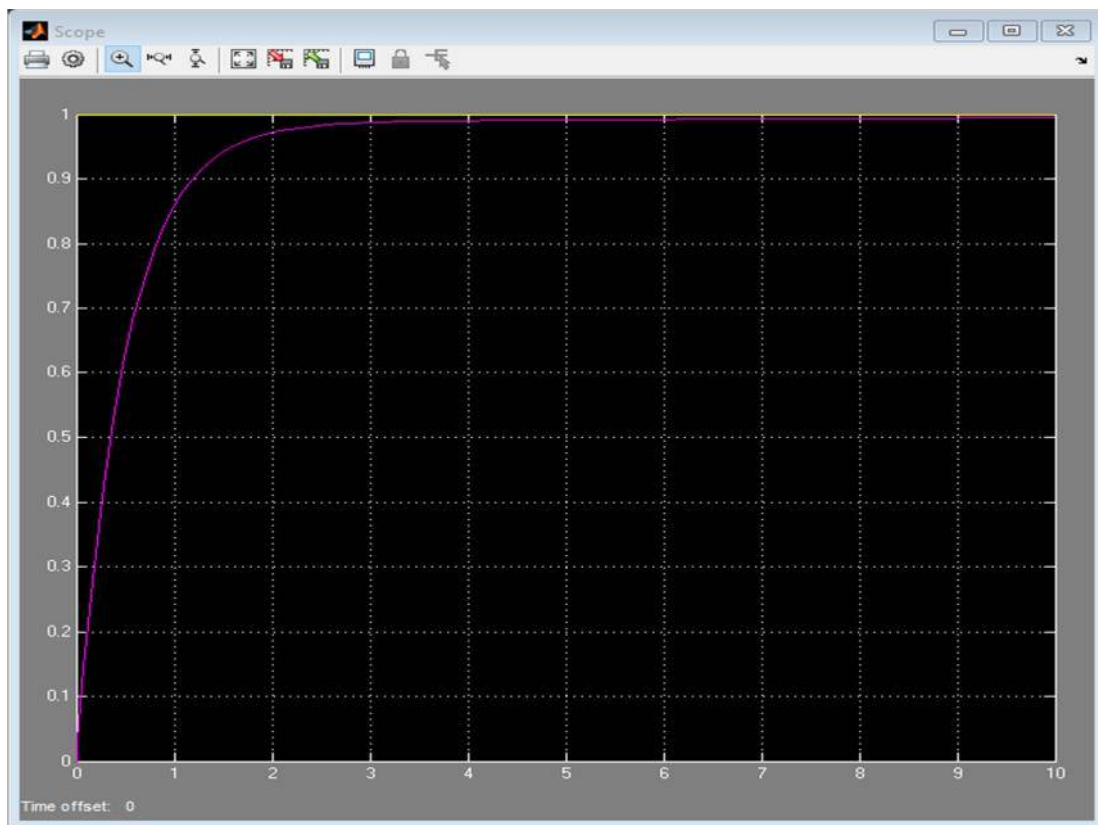


## Simulación en Matlab

### Diagrama de bloques en Matlab



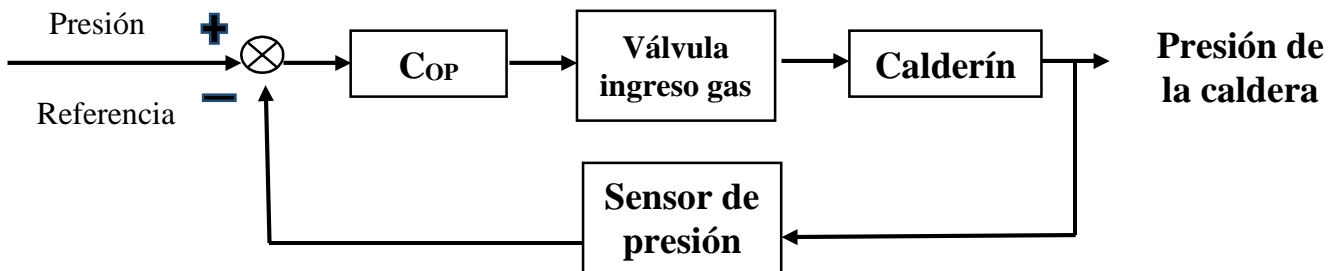
### Respuesta gráfica del control de nivel



### 3.6. CONTROL DE PRESIÓN DE LA CALDERA

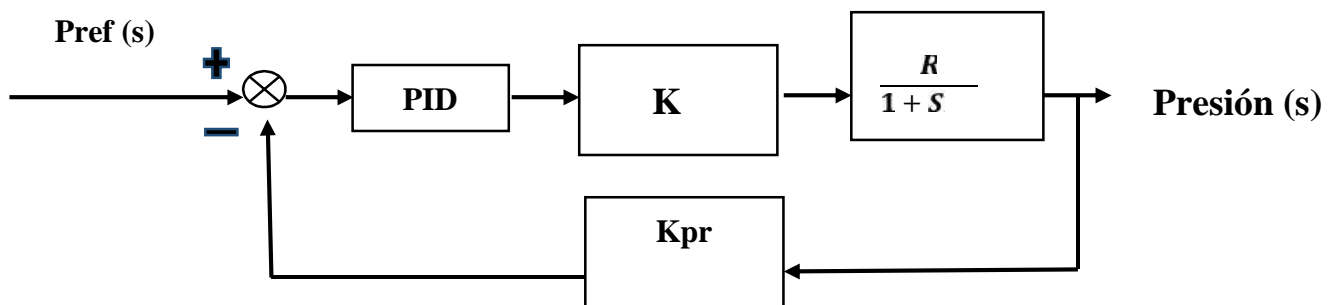
Esta variable mide directamente la presión interna generada en la caldera. Para un control adecuado, se ha considerado utilizar un controlador PID.

### Esquema de control



Considerando a  $C_{OP}$  como controlador de presión

### Diagrama de bloques



Donde:

$K$  = constante de relación de la válvula

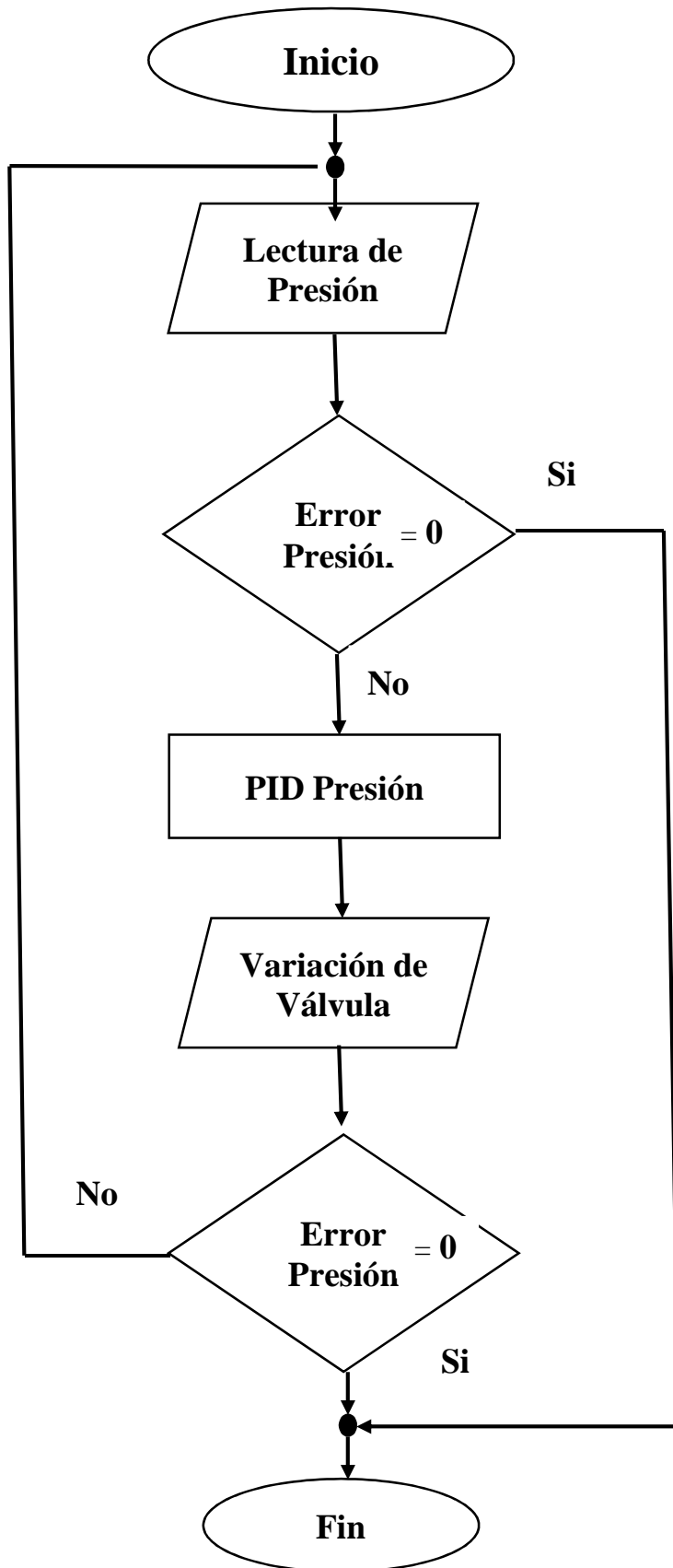
$K_{pr}$  = Constante de relación del sensor de presión

### Función de transferencia

$$\frac{P_{\text{ón}}(s)}{P(s)} = \frac{P(K) \left( \frac{R}{1+s} \right)}{1 + (K)(P)(K) \left( \frac{R}{1+s} \right)}$$

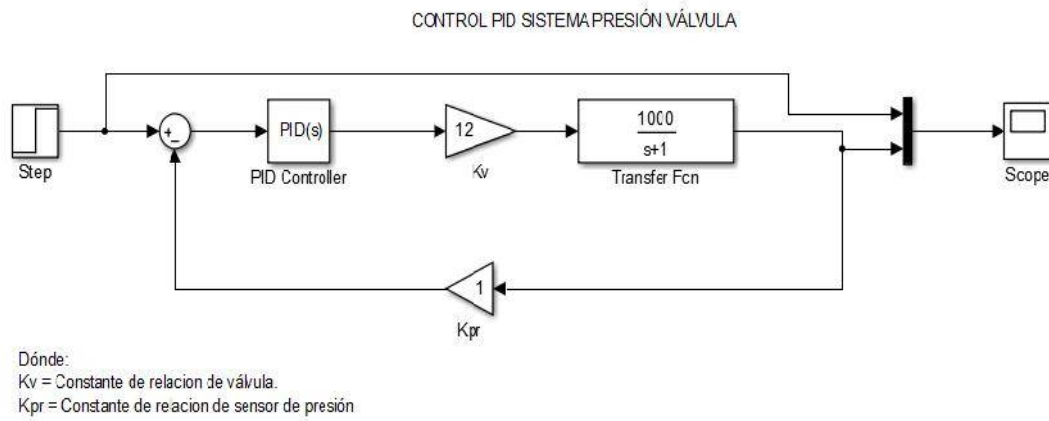
Donde:

Algoritmo de control  $\frac{f + s2T}{s'}$   $\longrightarrow$  PID para la presión

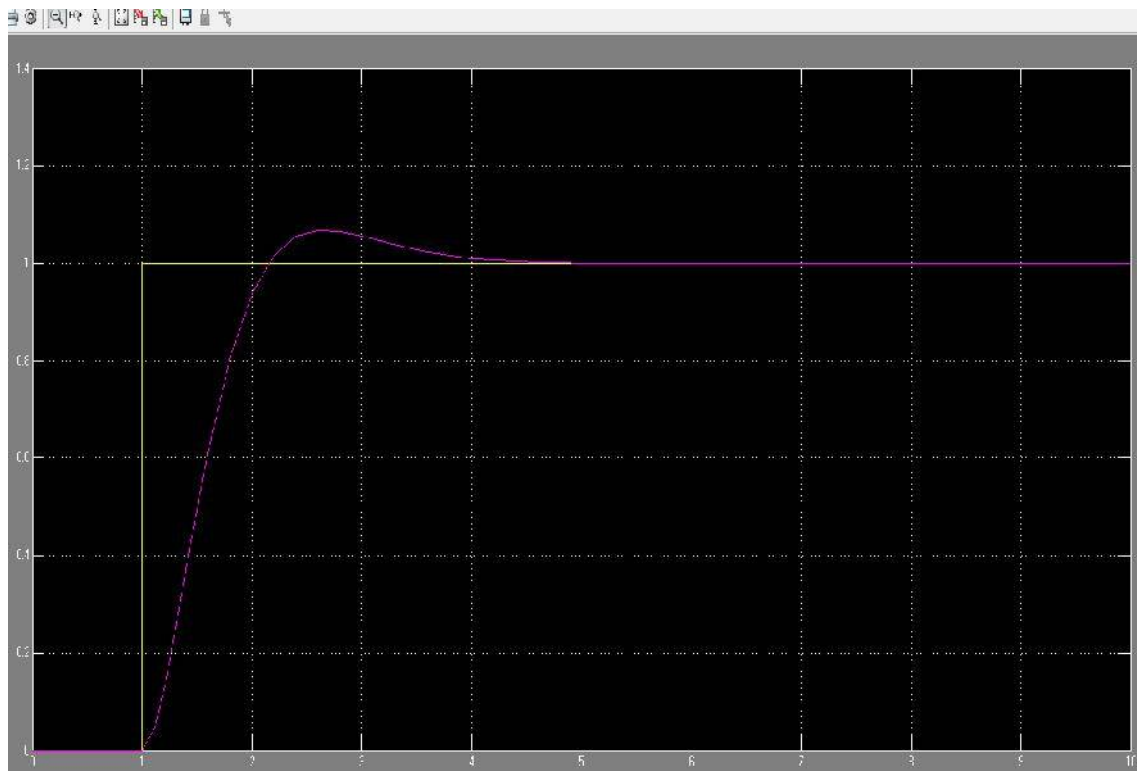


## Simulación en Matlab

### Diagrama de bloques en Matlab



### Respuesta gráfica del control de presión



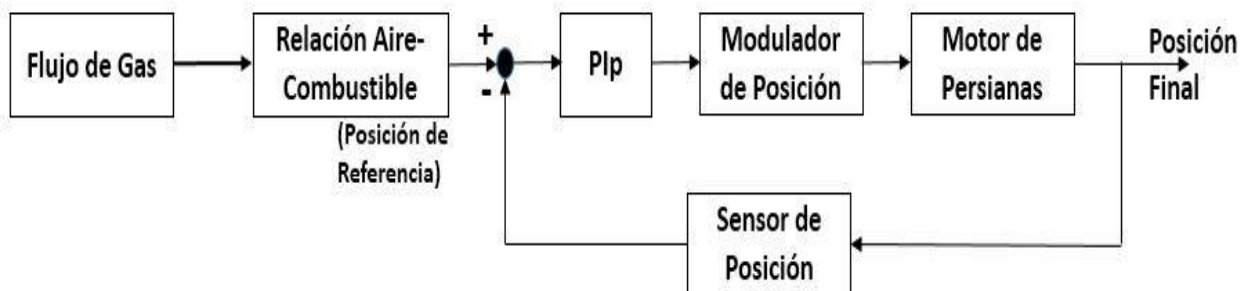


### 3.7. CONTROL DE LA RELACIÓN AIRE-COMBUSTIBLE

Esta es la relación principal que nos va a permitir poder realizar el control adecuado de la generación de vapor en la caldera, así mismo nos permitirá ahorrar en el consumo de combustible. Para ello se ha considerado realizar un control de relación, el cual se basa en el flujo de combustible como referencia para poder regular el ingreso del aire.

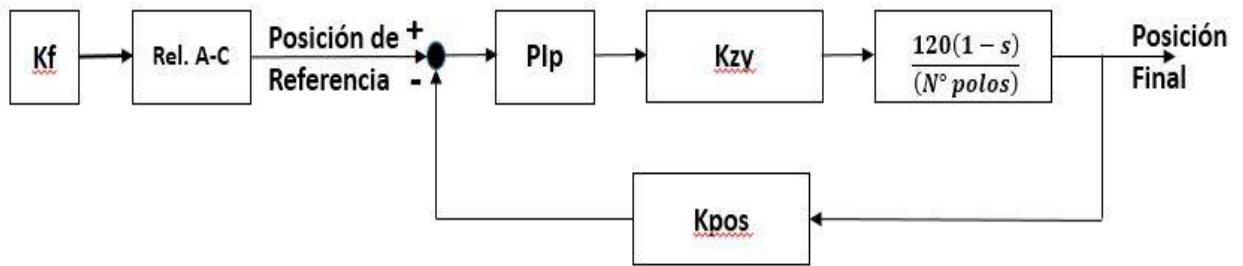
De esta forma de la medición del sensor de flujo de gas, este valor se multiplicará por el factor de relación aire-combustible generando un valor que será equivalente al valor de referencia de posición de las persianas para el ingreso del aire, es decir regulando el flujo del aire para la combustión.

#### Esquema de Control



Considerando al controlador PI como un PI.

## Diagrama de Bloques



Donde:

$K_{zy}$  = coeficiente de relación de modulador

$K_{pos}$  = coeficiente de relación de sensor de posición

$K_f$  = coeficiente de relación de sensor de flujo de gas

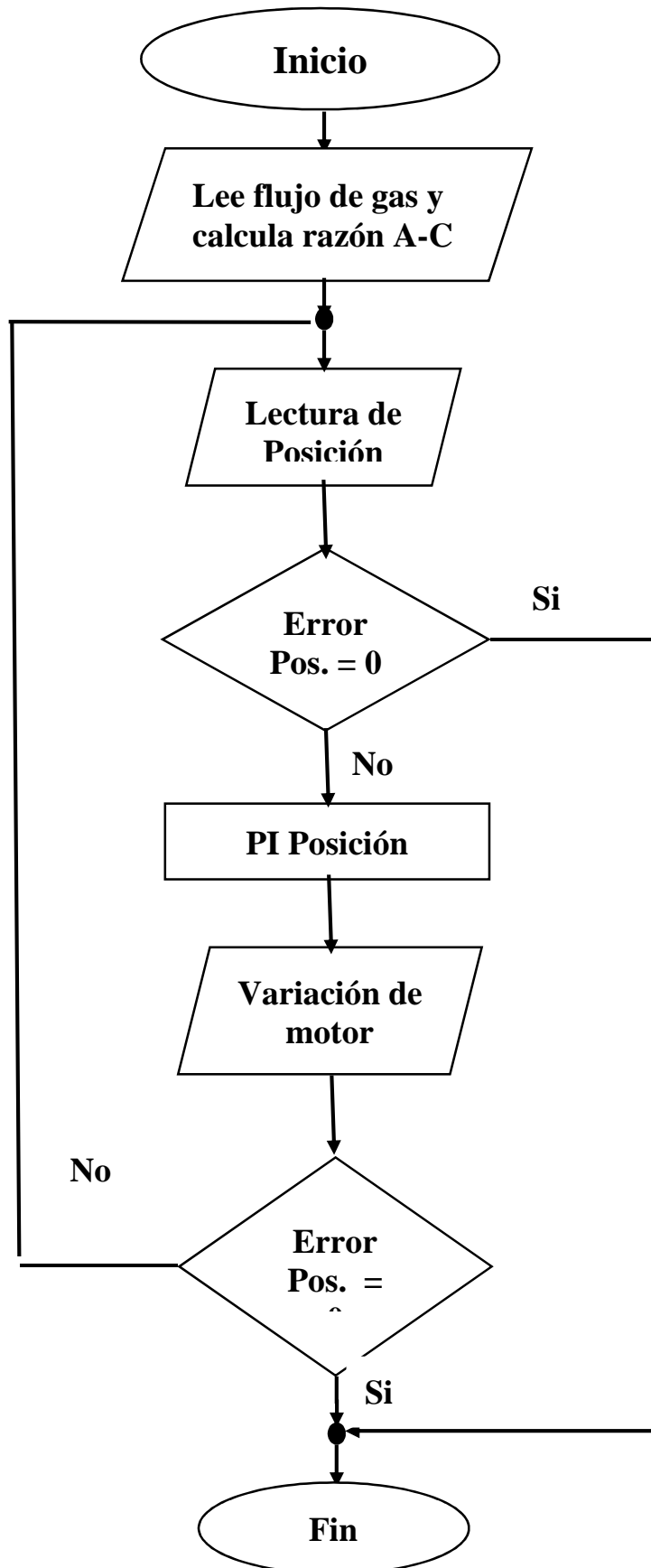
## Función de Transferencia

$$\frac{P(s)}{P.R(s)} = \frac{P(K_{zy}) \left( \frac{1(1-s)}{N^o p} \right)}{1 + (K_{zy})(P)(K_{pos}) \left( \frac{1(1-s)}{N^o p} \right)}$$

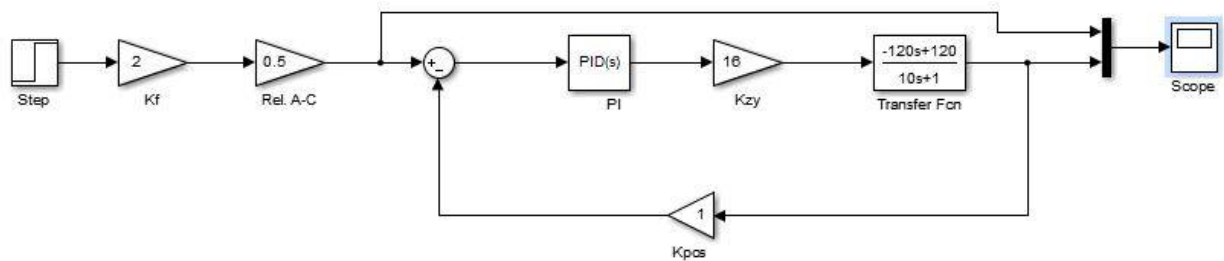
Donde:

$$PI_p = \frac{(1+sK_p.T_i)}{(sT_i)} \longrightarrow \text{PI para la posición de las persianas}$$

## Algoritmo de control

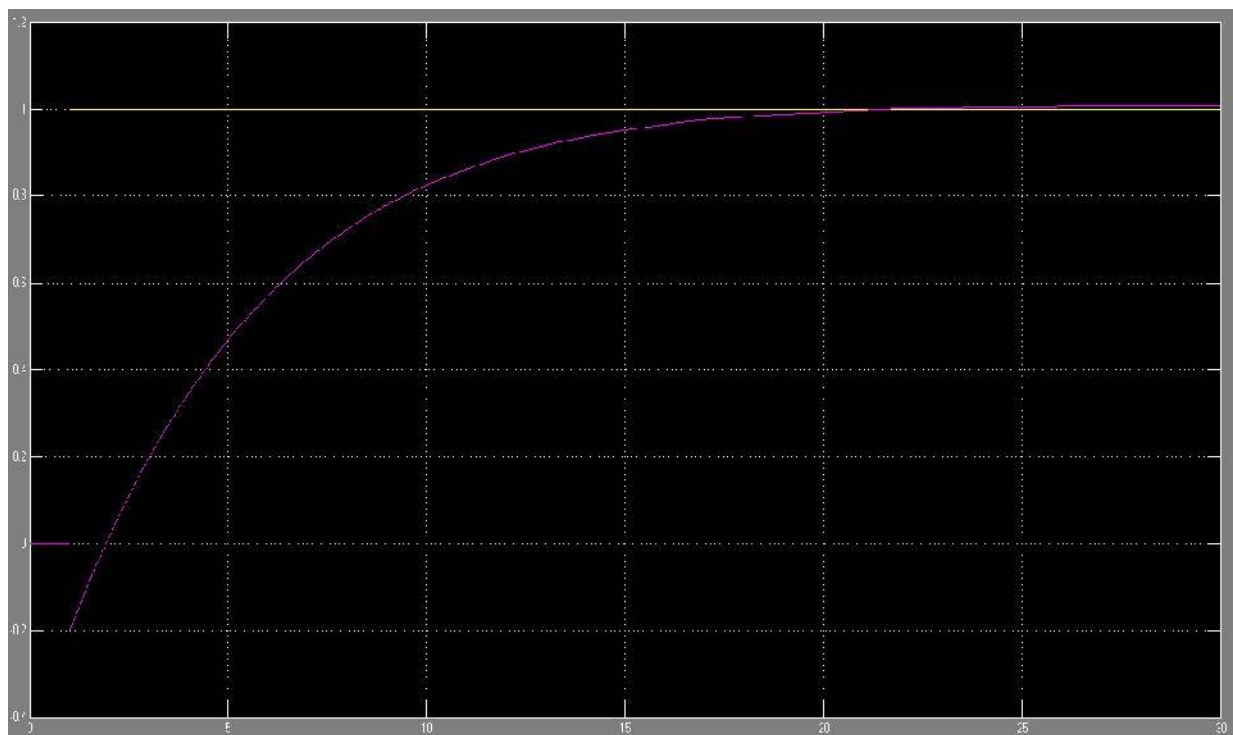


## Diagrama de bloques en Matlab

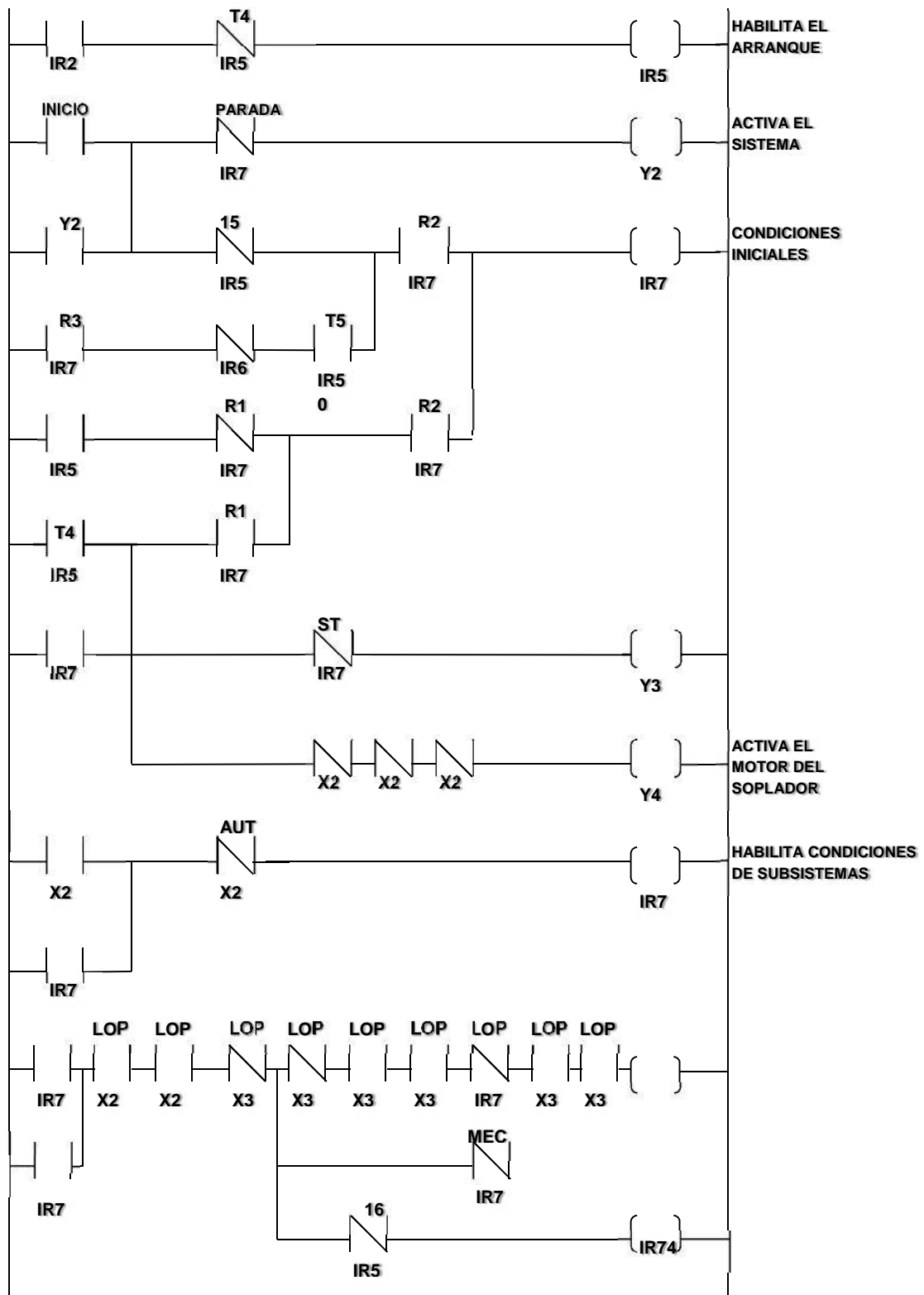


Dónde:  
 Kzy = Coeficiente de relación de modulador  
 Kpos = Coeficiente de relación de sensor de posición  
 Kf = Coeficiente de relación de sensor de flujo de gas  
 PI = Controlador PI

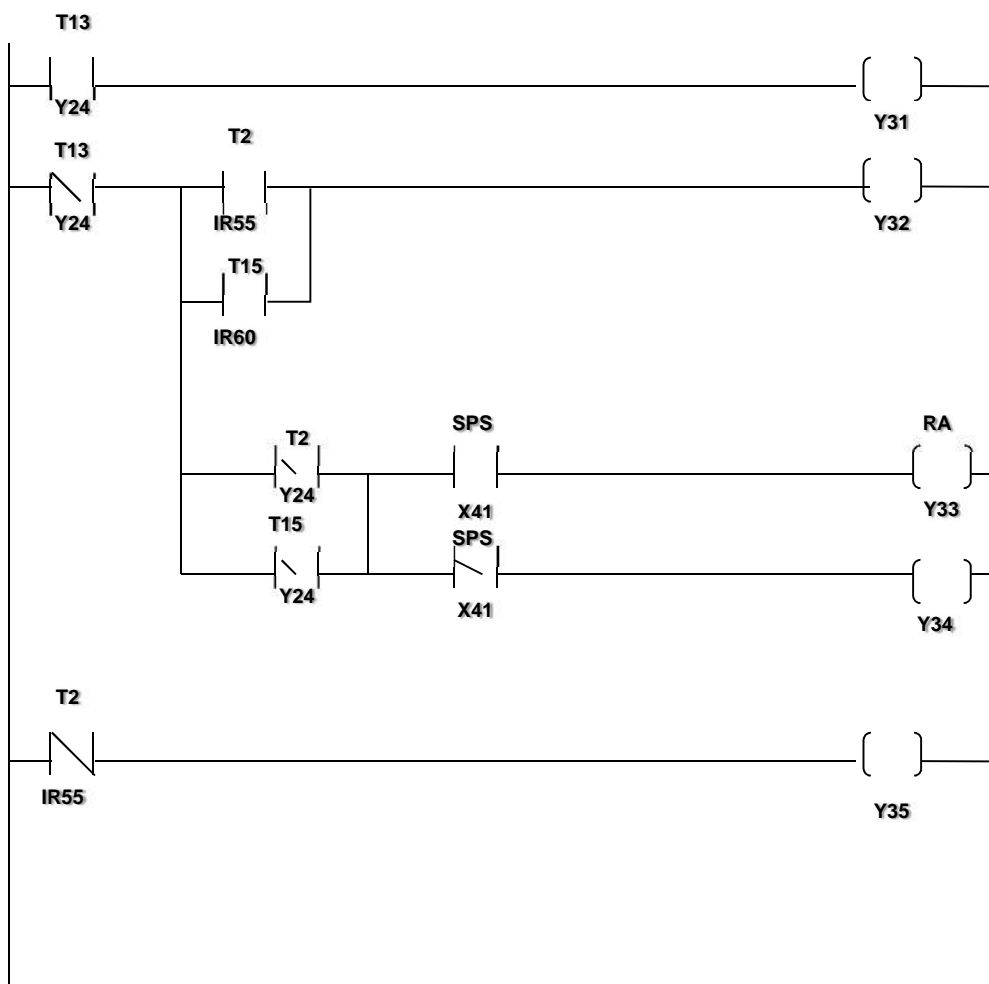
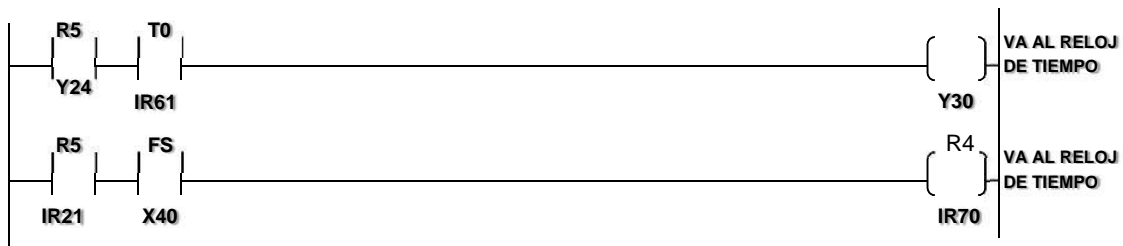
## Respuesta gráfica del control de posición



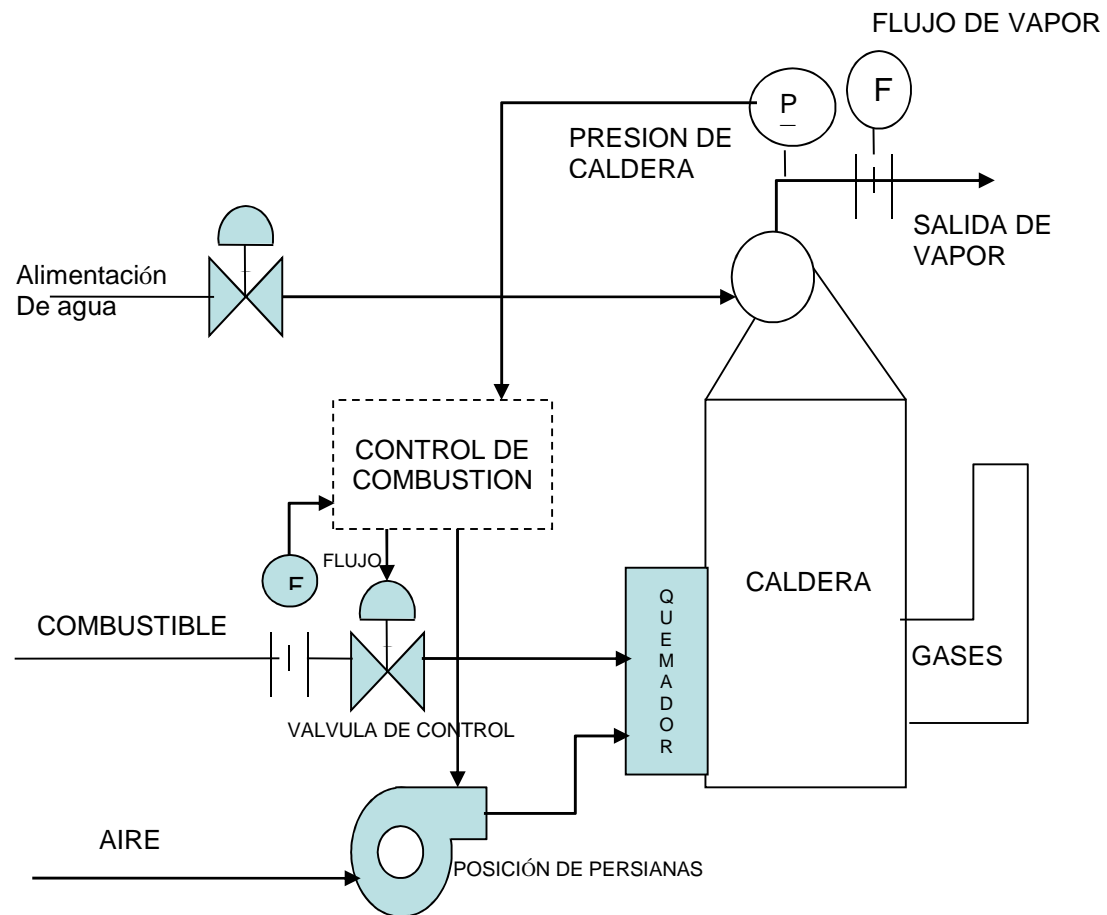
## PROGRAMA PRINCIPAL PROPUESTO PARA EL CALDERO







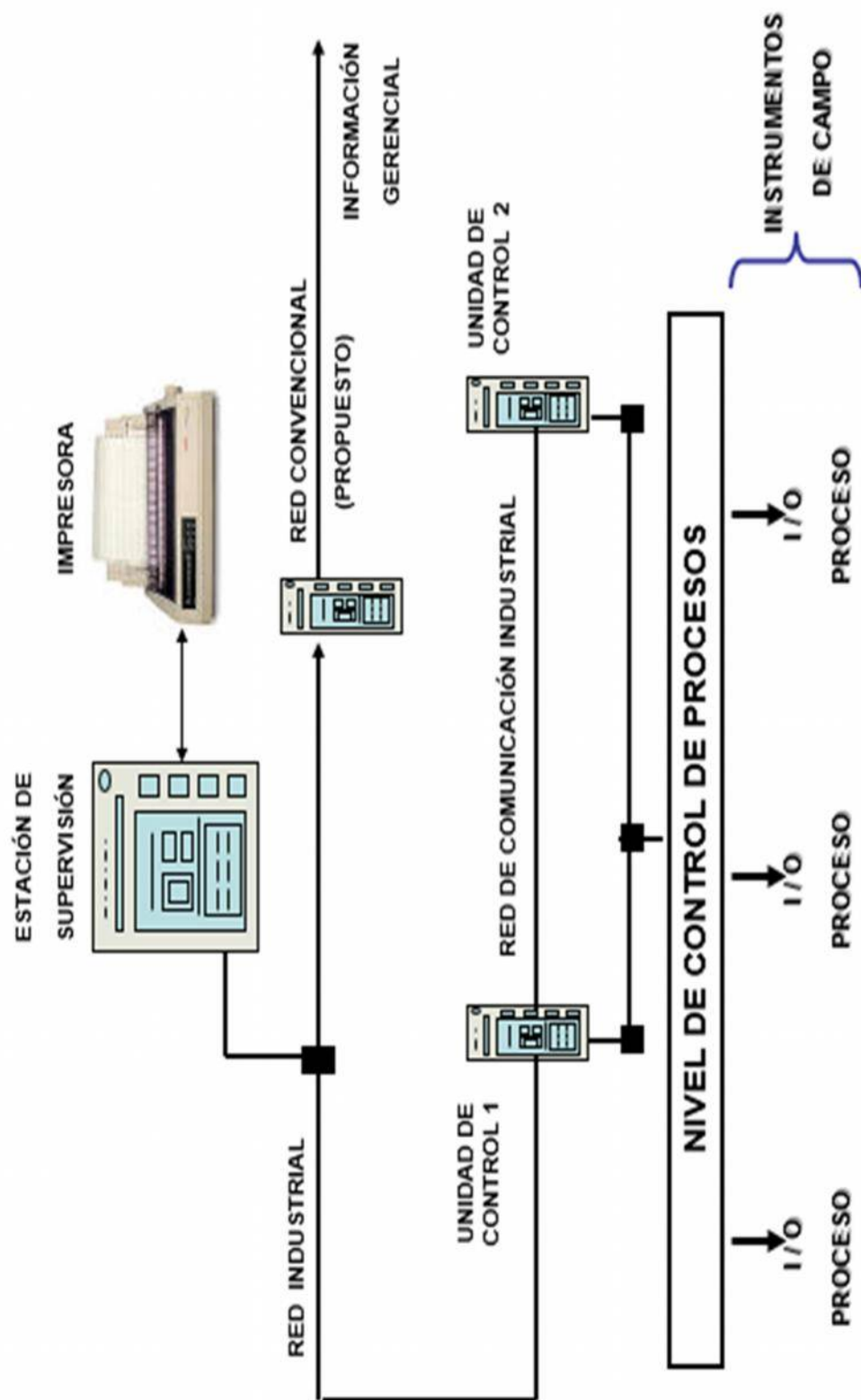
## ESQUEMA DEL CONTROL PROPUESTO PARA LA CALDERA





#### **4. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE CONTROL**

Basados en la condición de que el controlador adecuado para la aplicación de nuestro proyecto es un Controlador Lógico Programable, por la cantidad de variables y de áreas, tendremos dos Unidades de Control con módulos de entrada y salida de acuerdo al tipo de señal a manejar. El primero controlará los subsistemas de agua, condensado y combustible; el segundo controlará el subsistema propio de la caldera, estableciéndose una red de comunicación entre los dos PLCs además de un nivel de Supervisión. Por lo cual la arquitectura elegida será la de un sistema distribuido incluyendo la posibilidad de un nivel gerencial.



#### **4.1. Funciones necesarias del sistema con el operador**

La unidad de control de proceso tomará la información o lectura de los instrumentos de campo, que estarán en interfase con el operador en una central de supervisión. Para lo cual sus funciones básicas estarán referidas a:

1. Implementar una interfase hombre-máquina que permita mostrar la información en la forma más conveniente al operador.
2. Administración y mantenimiento de una base de datos, que incluya la información sobre las características de todos los puntos (TAG), medición, control y mando.
3. Adquisición de información dada por los instrumentos de campo. Asimismo, será el responsable de administrar las secuencias de mando a distancia.
4. Implementar las funciones de protección requeridas a un nivel de software.
5. Procesar las señales de alarma, llamando la atención de manera conveniente al operador cuando estas ocurran.
6. Generación de reportes periódicos de los puntos (TAG) y gráficas en tiempo real.

#### **4.2. Red de comunicación**

La comunicación local deberá ser a través de un protocolo industrial propio del equipo que permitirá:

1. Transferencia de datos entre controladores y el computador de la central de supervisión.
2. Programación de los controladores.
3. Activación/desactivación de los programas de aplicación desde el nivel de supervisión.

#### **4.3. Software para la Supervisión**

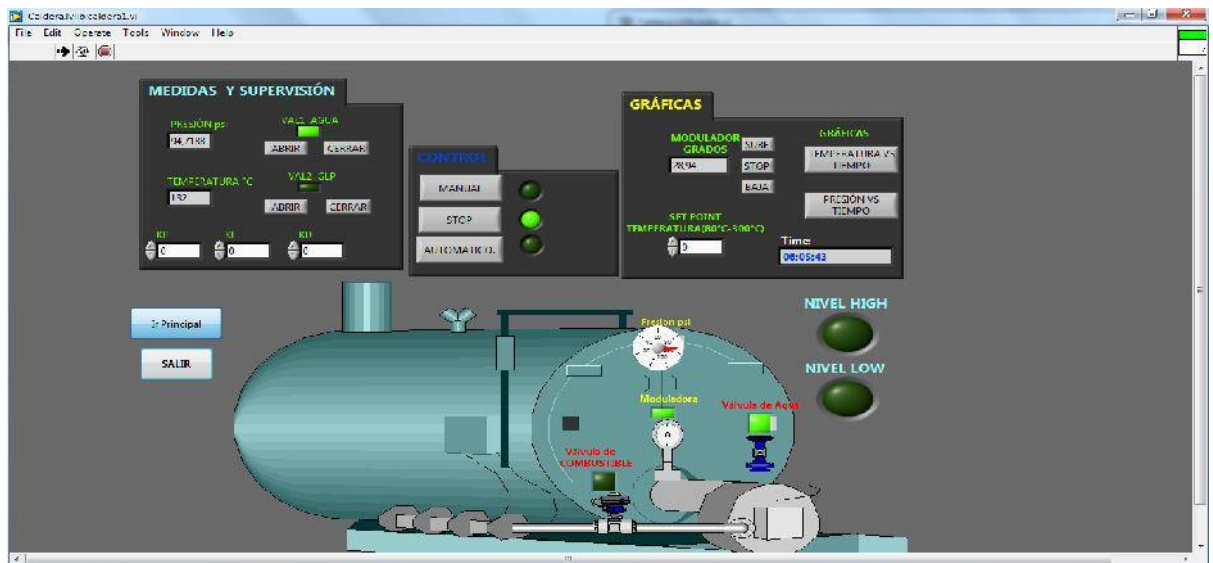
El software de supervisión se encargará de coleccionar y procesar la información de las unidades de control de procesos, controlar la interfase hombre-máquina y todas aquellas funciones inherentes como son la generación de reportes, procesamiento de alarmas, recuperación de fallas, etc.

El diseño del software tendrá en consideración que:

- ) La interfase hombre-máquina será totalmente gráfica utilizando el entorno Windows.
- ) Las alarmas deberán presentarse al operador mediante mensajes descriptivos de los eventos, almacenarse en archivos históricos, impresión del mensaje, etc.
- ) Debe ser capaz de implementar las funciones de mando desde las consolas de operador, así como de los pulsadores instalados en el panel de mando.
- ) Los gráficos creados pueden modificarse por el usuario, tanto en la presentación, colores y símbolos gráficos.

Para el diseño del programa de Supervisión se utilizará el Software INTOUCH, de aplicaciones industriales. Sin embargo se ha diseñado uno de demostración utilizando el Labview, a continuación se muestran algunas pantallas.

**Pantalla de visualización de la caldera, se tiene control manual y automático, así como un PID configurable:**



**Pantalla donde se aprecia al sistema operativo en auto, observar el color de las válvulas así como los valores de las variables:**



**Pantalla de los gráficos de presión y temperatura del vapor generado en la caldera en tiempo real:**



## **5. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE CONTROL**

Para poder seleccionar con que instrumentos realizaremos la automatización del proyecto, definiremos las características a tener en cuenta para cada uno de estos elementos.

### **5.1. Selección de sensores**

Existen muchas variantes y posibilidades para seleccionar un sensor adecuado para cada aplicación y cuanta mayor objetividad en la selección, mayores son las posibilidades de éxito.

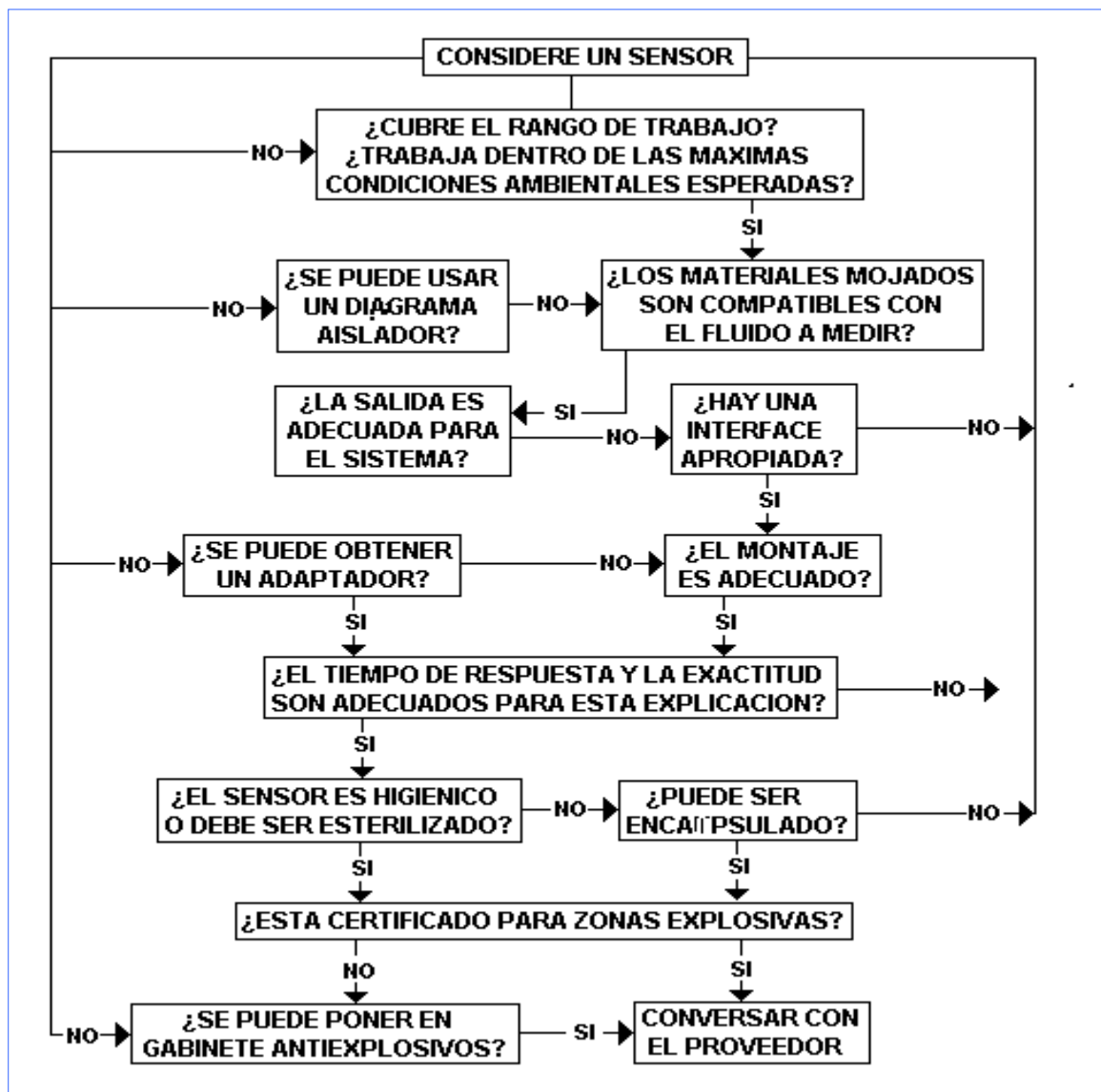
Es esencial que se consideren todos aquellos factores que importen para la exacta especificación del sensor buscado; la salida del sensor debe ser compatible con las demás instalaciones de campo, es decir: neumática o eléctrica, analógica y/o digital.

Referente al costo del instrumento es deseable obtener uno de bajo costo, pero este debería de ser uno de los últimos factores a considerar, lo que importa realmente es que el sensor funcione correctamente y sea simple de instalar.

Es necesario asegurar que la performance del sensor no se verá afectada por entornos adversos como el polvo, el agua, la corrosión; el sensor debe garantizar seguridad contra atmósferas explosivas.

También las vibraciones producen ruido eléctrico en la salida del sensor e incluso causan fallas mecánicas en el funcionamiento.

Para una adecuada selección, nos basaremos en el esquema de la figura, en el cual se presenta un diagrama donde es necesario responder todas estas preguntas para resolver la selección.



## 5.2. Válvulas de control

La válvula de control actúa como una resistencia variable en la línea de proceso, mediante el cambio de su apertura se modifica la resistencia al flujo y, en consecuencia, el flujo del mismo. Las válvulas de control no son más que reguladores de flujo.



La señal que hará variar la apertura de la válvula y consecuentemente el caudal, puede ser generada en la propia válvula (válvula autorreguladora) o ser generada por un elemento externo (válvula de control automática).

En la válvula se distinguen dos subconjuntos fundamentales: cuerpo y partes internas, y actuador mismo.

A continuación se muestra un cuadro para determinar los materiales del cuerpo en función de la temperatura y características de aplicación:

<b>Material</b>	<b>Temperatura ° C</b>	<b>Características</b>
Acero al carbono ASTM A216Gr	-28 a 537	Es el material normalmente utilizado para condiciones de servicio moderadas con fluidos no erosivos ni corrosivos. No suele ser utilizado a temperaturas superiores a 425 ° C.
Acero al cromo- Molibdeno 1/4Cr-1Mo ASTM A217Gr	-28 a 593	La adición de cromo y molibdeno hace que sea resistente a la corrosión y a la deformación. Es capaz de resistir presiones y temperaturas más altas que el WCB si bien su precio es más elevado.
Acero al cromo- Molibdeno Cr- 1/2	-28 a 648	Usado para fluidos moderadamente corrosivos o bien para altas temperaturas. Resistente a la

Mo ASTM A217Gr		erosión a altas temperaturas y a deformaciones. Soporta presiones similares a las del WCB .
Acero Inoxidable ASTM A351Gr	-253 a 815	Utilizados para fluidos oxidantes o corrosivos y especialmente para temperaturas criogénicas.
Acero inoxidable ASTM A351Gr	-253 a 815	Usado en servicios oxidantes o corrosivos como el AISI 304 si bien la adición del molibdeno permite una resistencia a la corrosión. También es utilizado para muy altas temperaturas.

### 5.3. Equipos de control

#### PLCs

Los criterios mencionados a continuación son los básicos a tener en cuenta, probablemente suficientes para una gran cantidad de aplicaciones de tipo general:

- a. Alimentación eléctrica
- b. Tipo de módulos de entrada y de salida
- c. Módulos especializados
- d. Capacidad de Memoria
- e. Lenguaje de programación.

Sin embargo la decisión para elegir un buen controlador depende de la aplicación que se le quiera dar, y a veces se tiene que considerar sobredimensionar para una futura ampliación del control.

Los módulos especializados deben considerarse cuando se requieren hacer cálculos matemáticos o estimaciones estadísticas, sin embargo para la mayoría de procesos de automatización estos módulos no son aplicables porque se desperdicia la capacidad de los mismos.

#### **5.4. Selección de equipos e instrumentación**

De acuerdo a los criterios y tablas de las figuras mencionadas, y teniendo presente las especificaciones necesarias se procedió a realizar la selección de los instrumentos y equipos de control.

##### **5.4.1 Selección de la instrumentación**

Después de consultar con manuales de diferentes fabricantes, se seleccionaron los instrumentos y válvulas consideradas en el diseño del proyecto. Estos se describen en la siguiente tabla:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	DETECTOR DE POSICIÓN MARCA: SOR MODELO: EXDL – 74 Características: - Interruptor rotativo inductivo - Salida: 0-10 vdc - Voltaje alim.: 30 vdc max. - Protección: NEMA 4	1
02	SENSOR DE NIVEL CONTINUO MARCA: PROXIMITY	

	<p>MODELO: UL200</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Salidas: 4 a 20 mA</li> <li>- Voltaje alimentación: 24 vdc</li> <li>- Rango: 0 a 5 metros</li> <li>- Temperatura: -23° a 120° C</li> <li>- Material de sensor: CPVC</li> <li>- Protección: NEMA 4X</li> </ul>	4
03	<p>SENSOR ÓPTICO DETECTOR DE LLAMA</p> <p>MARCA: DWYER</p> <p>MODELO: 657C – 1</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rango: de 0 a 20 lumens</li> <li>- Precisión RH: ± 2%</li> <li>- Resolución: 0.1%</li> <li>- Voltaje: 10 - 35VDC</li> <li>- Salida: 4 – 20 mA.</li> <li>- Temperatura de operación: 0° a 70° C</li> </ul>	1
04	<p>SENSOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA</p> <p>MARCA: ROCHESTER INSTRUMENT</p> <p>MODELO: 420</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precisión: 0.5%</li> <li>- Rango: 4 a 20 Amp.</li> <li>- Repetibilidad: 0.25% de la escala completa.</li> <li>- Temperatura: 0° a 300° C</li> <li>- Salida: 4 a 20mA.</li> <li>- Indicación digital</li> </ul>	3
05	<p>TRANSMISOR INDICADOR DE PRESIÓN</p> <p>MARCA: TRANSDUCER TECHNIQUES</p>	

	<p>MODELO: DPM - 2</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precisión: 0.1%</li> <li>- Rango: 0 a 150 psi</li> <li>- Display: 4 dígitos fluorescentes al vacío (13mm).</li> <li>- Alimentación: 24 Vac</li> <li>- Tiempo de respuesta: 750ms.</li> <li>- Salida: 0 a 5 vdc</li> </ul>	3
06	<p>SENSOR TRANSMISOR DE FLUJO</p> <p>MARCA: HEDLAND</p> <p>MODELO: XTF</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precisión: 0.5%</li> <li>- Rango: 0 a 20 lts/seg.</li> <li>- Repetibilidad: 0.25% de la escala completa.</li> <li>- Temperatura: 0° a 100° C</li> <li>- Salida: 4 a 20mA.</li> </ul>	2
07	<p>TARJETA MODULADORA DE POSICIÓN</p> <p>MARCA: OHKEN</p> <p>MODELO: FTC 968</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rango: de 0 a 200 °</li> <li>- Precisión: 0.2%</li> <li>- Resolución: 0.1%</li> <li>- Voltaje: 10 - 35VDC</li> <li>- Salida: 4 – 20 mA.</li> <li>- Temperatura: 200 °C</li> </ul>	1
08	<p>TRANSDUCTOR CORRIENTE-PRESIÓN (I/P)</p> <p>MARCA: OMEGA</p> <p>MODELO: IP 210</p>	

	<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrada: 4 a 20 MA</li> <li>- Salida: 3 a 15 psi</li> <li>- Normalización: Standard</li> <li>- Protección: NEMA 3</li> </ul>	3
09	<p>VÁLVULAS SOLENOIDES MARCA: ECKARDT MODELO: AK-P9384</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuerpo: acero inoxidable</li> <li>- Tamaño <math>\leq 2"</math></li> <li>- Alimentación: 220 vac</li> <li>- NA</li> </ul>	10
10	<p>VÁLVULAS DE FLUJO NEUMATICAS MARCA: ECKARDT MODELO: MB6713</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuerpo: acero al carbón</li> <li>- Tamaño <math>\leq 4"</math></li> <li>- Presión: 80psi</li> <li>- Actuador: Diafragma y resorte múltiple</li> <li>- Temperatura: 100° C máx.</li> </ul>	3
11	<p>Contactores Trifásicos Marca: SIEMENS Modelo: AK-P9384</p>	8

#### 5.4.2. Selección de los controladores PLCs

A continuación detallaremos mediante una tabla comparativa las principales características de los PLC's propuestos y basándose en un análisis determinaremos cuál de los PLC's será el seleccionado.

Para el presente Proyecto de Automatización los criterios que mencionamos son los de los siguientes PLC's industriales:

- ✓ Marca SIEMENS, Modelo SIMATIC S7-224U
- ✓ Marca ALLEN-BRADLEY, Modelo SLC 500
- ✓ Marca SCHNEIDER, Modelo M-340

TABLA COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE PLCs

CARACTERÍSTICAS	PLC'S		
MARCA	SIEMENS	ALLEN – BRADLEY	MODICON
MODELO	SIMATIC S7-314U	SLC 500	COMPAC 984-A-145
ALIMENTACION	110-240 VAC	110-240 VAC	24 VDC O 115/230 VAC
ENTRADAS ANALÓGICAS	IP 260 ENT 4 a 20 mA, 12 bits resolución	AEZ 414 4 ENTRADAS 0-10V; 4-20 mA 11 bits de resolución	ADU 204: 4 ENT.
ENTRADAS DISCRETAS	15-420-7LA11 32 ENT. ALIM. 24 VDC	SX DMZ 28 DR 16 ENT. 24V.	DEP 208: 8 ENT. ALIM. 220VAC. DEO 216:16 ENT. ALIM. 24 VDC. DEP 209: 8 ENT. ALIM. 120 VAC.
SALIDAS ANALÓGICAS	IP 260 SAL 4 a 20 mA, 12 bits resolución	SX ASZ 200 2 SAL. 10V; 4 -20 mA. 11 bits de resolución	DAU 202: 2 SAL
SALIDAS DISCRETAS	15-441-7LA11 32 SAL. TIPO RELE 24 vdc ó 220 vac	DMZ 6 DTK 12 SAL. RELE	DAP 208: 8 SAL- 24 VD DAP 209: 8 SAL- 120VA

			DAP 216: 16 SAL-24VDC.
<b>DIMENSIONES FISICAS</b>	16,5 x 8,5 x 6 cm	ALT.151 mm. PROF.108 mm.	21,3X14,2X12 cm.
<b>PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ENTRE PLC'S</b>	PROFIBUS RED LOCAL SINEC H1	RED LOCAL CONTROLNET	MODBUS PLUS
<b>PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN PARA PERIFERICOS</b>	SERIE ESTANDAR	SERIE ESTANDAR	MODBUS ESTANDAR
<b>LENGUAJE DE PROGRAMA</b>	STEP7	RX LOGIX 500	MODSOFT. COMPACT-984
<b>MEMORIA RAM</b>	700-375-OLD11 8 KB. 700-375-OLD21 16 KB. 700-375-OLD31 32 KB. 700-377-OAB31 64 KB	7,8 K INSTRUCC. BOLE ( 2K PALABRAS DE DATOS)	FORMATOS: 3K Bytes 8K Bytes 16K Bytes
<b>MEMORIA EPROM</b>	700-375-1LA15 8KB. 700-375-1LA21 16 KB. 700-375-1LA41 32 KB. 700-375-1LA61 64 KB. 700-375-1LA71 128 KB	4.7K LISTA DE INSTRUCCIONES.	8K Bytes
<b>TARJETA DE EXPANSIÓN</b>	S7-IM 306 (MOD.INTERF. PARA RACKS DE EXPANC.)		MODULOS A120
<b>TARJETA DE INTERFAZ A RED</b>	CP 535 (Proc. De com.) Medio Fisico TX: cable coaxial apantallado (a través de Transc. BT 775	PCMCIA (TSX FPF 20) Cable de conexión para tarjeta de RED TSX FPCG (1m.)	
<b>SISTEMA OPERATIVO</b>	PCP/M-86 MS DOS y		TELECARGABLE



	Windows		
--	---------	--	--

Para el presente proyecto se llegó a seleccionar el PLC SIEMENS de fabricación alemana, siendo las características para el proyecto las siguientes:

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	UC Controlador Lógico Programable FABRICANTE: SIEMENS MODELO: S7-314U Características: - Fuente: Integrada en el chasis - Memoria: 64KB - Módulo Id: 11E – 24VDC (2 mod x 8) - Módulo Od: 17S - Tipo relé (3 mod x 8) - Módulo Ia: 2E – 4 a 20 mA (1 mod x 4) - Módulo Oa: 1S – 4 a 20 mA (1 mod x 2)	2

La red propuesta es Profibus, que enlazaría el PLC con la PC de supervisión, se enviará toda la información necesaria para poder visualizarla, almacenarla en una base de datos y generar gráficos históricos.

## CAPITULO V

### COSTOS DEL PROYECTO

---

#### 1. GENERALIDADES

El presente capítulo muestra todos los costos de implementar el proyecto. Como sabemos la evaluación económica es muy importante al momento de tomar la decisión de automatizar la planta, porque de acuerdo a ella se verá si realmente es rentable invertir, así como si la automatización de la planta incrementaría la calidad y reduciría los costos por pérdida de materia prima o por mal uso de recursos.

Se han dividido los costos por rubros para poder hacer más claro el análisis de costos.

## 2. ESTIMACION DE COSTOS

### 2.1. COSTOS DE INSTRUMENTACION

ITEM	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.(\$)	CANTIDAD	P. TOTAL (\$)
1	Sensor Detector de Posición. Marca: SOR, Modelo: EXDL-74	1200,00	1	1200,00
2	Sensor de Nivel Continuo Marca: PROXIMITY, Modelo: UL200	1500,00	4	6000,00
3	Sensor Óptico Detector de Llama Marca: DWYER, Modelo: 657C-1	450,00	1	450,00
4	Sensor de Temperatura Marca: ROCHESTER INSTRUMENT Modelo: 420	230,00	1	230,00
5	Transmisor Indicador de Presión Marca: TRANSDUCER TECHNIQUES Modelo: DPM-2	1200,00	3	3600,00

6	Sensor Transmisor de Flujo	2400,00	2	4800,00
	Marca: HEDLAND, Modelo: XTF			
7	Tarjeta Moduladora de Posición	3500,00	1	3500,00
	Marca: OHKEN, Modelo: FTC968			
8	Transductor Corriente-Presión	450,00	3	1350,00
	Marca: OMEGA, Modelo: IP210			
9	Válvula Solenoide	220,00	10	2200,00
	Marca: ECKARDT, Modelo: MPV6214			
10	Válvula de Flujo Neumática	800,00	3	2400,00
	Marca: ECKARDT, Modelo: MB6713			
11	Contactores Trifásicos	320,00	8	2560,00
	Marca: SIEMENS, Modelo: AK-P9384			
\$ 28 290,00				

## 2.2. COSTOS DE EQUIPOS

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	<b>PLC</b>	2	4 500,00	9 000,00
	<b>Fabricación: Siemens</b>			
	<b>Modelo: SIMATIC S7-314U</b>			
	<b>Incluido módulos I/O y fuente</b>			
TOTAL NIVEL DE CONTROL				<b>9 000,00</b>

## 2.3. COSTOS A NIVEL DE SUPERVISIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	P. UNIT. (\$)	P. TOTAL (\$)
1	<b>PC-PENTIUM-V</b>	1	1 300,00	1 300,00
	<b>Compatible.</b>			
2	<b>Impresora Inyección</b>	1	200,00	200,00
	<b>Marca: EPSON 900</b>			
3	<b>Software de Supervisión</b>	1	5 200,00	5 200,00
	<b>Inc. tarjeta de comunicación</b>			
TOTAL NIVEL DE SUPERVISIÓN				<b>6 700,00</b>

## **2.4. COSTOS DE INGENIERIA**

Consiste en los costos por las horas empleadas en la instalación y comprobación de todo el instrumental empleado, así también en la programación de los PLC's en los sistemas de control y monitoreo de variables.

TOTAL INGENIERIA:.....U.S. \$ 10 000,00

## **2.5. COSTOS DE PUESTA EN SERVICIO**

Correspondiente al costo del personal (por estadía), involucrados en la activación del sistema.

TOTAL PUESTA EN SERVICIO:...U.S. \$ 15 000,00

## **2.6. COSTOS DE CAPACITACION**

Son los gastos correspondientes a la Capacitación del Personal de Planta encargada de operar sistemas de Control e Instrumentación.

TOTAL CAPACITACION:.....U.S. \$ 2 000,00

## **3. INVERSION Y FINANCIAMIENTO**

### **3.1. INVERSION**

Correspondiente al total de costos que implica la Implementación y Puesta en marcha del Proyecto de Automatización.

DESCRIPCION	MONTO U.S.\$
TOTAL COSTOS DE INSTRUMENTACION	28 290,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE EQUIPOS	9 000,00
TOTAL COSTOS A NIVEL DE SUPERVISION	6 700,00
TOTAL COSTOS DE INGENIERIA	10 000,00
TOTAL COSTO PUESTA EN SERVICIO	15 000,00
TOTAL COSTO CAPACITACION	2 000,00
TOTAL DE COSTO ESTIMADO	70 990,00
FACTOR DE RIESGO (10%)	7 099,00
<b>TOTAL INVERSION DEL PROYECTO</b>	<b>78 089,00</b>

### 3.2. FINANCIAMIENTO

El financiamiento será con recursos propios, financiando la Empresa el 100% de la inversión total.

Las condiciones de financiamiento serán: 6% de interés efectivo anual y los pagos serán a trimestres vencidos por un periodo de dos años.

## CONCLUSIONES

1. Realizar la automatización del sistema teniendo como base la maquinaria existente
  - El sistema de control es electromecánico basado en contactos y relés, con el problema de que estos se deterioran y provocan fallos en el proceso.
  - En nuestra propuesta se logró dejar el Diseño de la Reingeniería de la automatización del proceso utilizando la caldera y sus dispositivos actuales, cambiando la instrumentación y el control.
2. Aplicar las herramientas y técnicas de control para optimizar el proceso.
  - No se tenían lazos y estrategias, ya que el control es sólo on-off en casi todas las variables impidiendo mejorar el proceso
  - Se logró diseñar las estrategias y lazos de control para las diferentes variables del proceso
3. Implementar un software de supervisión y control de las diferentes etapas



- No se tiene un programa que permita visualizar las variables, así como las alarmas del sistema
- Utilizando un software gráfico se logró implementar un software de supervisión y control del proceso

## **RECOMENDACIONES**

1. Se necesita realizar una evaluación de los diferentes elementos que componen el sistema de Generación de Vapor, para poder programar cambios o reparaciones de los mismos.
2. Se debería implementar una red de comunicación con los demás equipos de la planta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ángulo, José M. Fundamentos, Diseños y Aplicaciones en la Industria y en las Microcomputadoras. Editorial Paraninfo. España. 1996.
2. Ángulo Usategui, José. Control de Procesos Industriales por Computador. Editorial Paraninfo, España. 1992.
3. Antonio Creuss. Instrumentos Industriales. Editorial Alfa Omega Marcombo. 2006.
4. Christikov. Técnicas de Medición Industrial. Editorial Marcombo. 1990.
5. Corripio, Smith. Control Automático de Procesos. Editorial Limusa. México, Inc. 1991.
6. Carranza N, Raymundo. Tópicos de Instrumentación y Control. Primera Edición Perú. 2008.
7. Manuales de Servicio del PLC SIMATIC S7 de Siemens. Siemens. 2008.
8. William G. Andrew. Applied Instrumentation in the Process Industries (Volumen 1). Editorial L&M. 2002.
9. Medición y Control de Procesos. Gregorio Neglia O., Jorge Fernández Cornejo. Editorial Alfa Omega. 1998.
10. [http: www.siemens.com](http://www.siemens.com)
11. [http: www.wici.com](http://www.wici.com)

# **ANEXOS**

## DL421/422 DirectLine® Sensor for Durafet® II and Meredian® II pH/ORP Electrodes

70-82-03-40

1/03

Page 1 of 8

## Specification

### Overview

DirectLine® DL421/422 for Durafet® II pH and Meredian® II pH/ORP electrodes is a family of sensors released by Honeywell as part of a new generation of analytical measurement. The DirectLine sensor's unique architecture combines the latest in microelectronics technology with the proven performance of Durafet® II solid state pH sensors, or Meredian® II glass electrodes, to provide unequaled savings during installation, start-up, operation, and maintenance.

The DirectLine® electronics module can mount integrally on the pH/ORP electrode and provide a 4-20 mA dc output proportional to pH. The output of the DirectLine® sensor connects directly to any host monitor or control device that accepts standard 4-20 mA

inputs and provides external loop power including:

- Honeywell UDC3300 1/4-DIN Controller
- UMC800 Controller
- PLCs with analog inputs
- DCS systems
- A host of recorder/controller products

For electrode submersion or special mounting applications, the electronics module is also available in a remote-mounting configuration.

### Description

The Honeywell DirectLine® architecture consists of an electronics module integral to the electrode. This design eliminates the need and added cost of a separate analyzer or transmitter.

The electronics module is sealed in a plastic weatherproof, corrosion-resistant housing and is connected to the pH/ORP electrode on one side and a 4-20 mA output cable on the other via waterproof connectors. This housing design allows this system to be used in harsh environments where moisture and dust is a problem.



Figure 1—DirectLine® DL421 Sensor

### Description, continued

For submersion or special mounting applications, the remote mounting option connects the electronics module to the electrode via a cable. The electronics module is then mounted on a 2-inch pipe, wall, or DIN rail.

### Features

- **Direct 4-20 mA output** eliminates need for dedicated analyzers or transmitters, simplifying installation, start-up, operation, and maintenance tasks. Installation costs are also reduced because standard cable can be used for additional cable distances.
- **Integral electronics with local HMI** simplifies installation and shortens calibration times.
- **Modular plug-in construction** simplifies electrode replacements.
- **Local display and keypad** facilitates quick set-up, calibration, and operational activities.
- **1/2" NPT conduit connection** provides increased protection and noise immunity of output cable

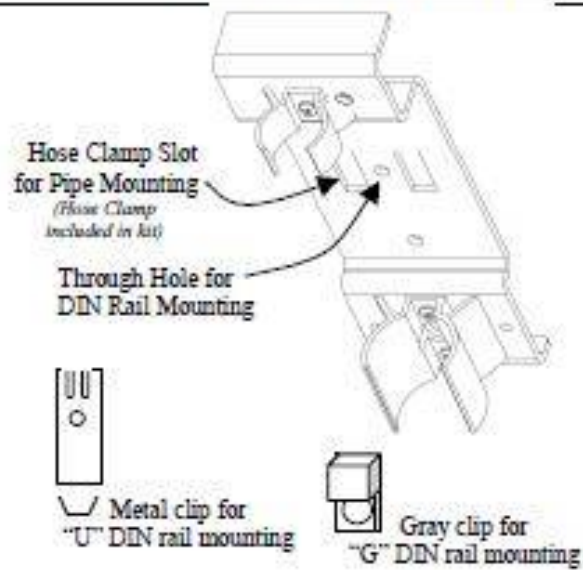
### Features, continued

- **Plug-in modular design** allows sensor to be safely removed and replaced without cycling power on the electronics module.
- **Electronics and sensor diagnostics** reduces troubleshooting times.
- **Sample or auto buffer calibration options** accommodates individual calibration techniques and reduces calibration time.
- **Playing card-sized guide** facilitates simple, correct, and consistent calibration and configuration.
- **Watertight sensor connection** for reliability in submersion applications.
- **Global approvals** including:
  - CE Mark for Industrial applications
  - UL General Purpose
  - CSA General Purpose
  - FM Class I, Div. 1 (I.S.)
  - FM Class I, Div. 2 (non-incendive field wiring)
  - IP66, Type 4x Enclosure

## Specifications

Displayed Process Variable	pH: 0-14 pH ORP: -1600 to +1600 mV
Displayed Temperature Range (pH only)	-10 °C to +110 °C (14 °F to 230 °F)
Display Accuracy (reference)	pH: ±0.02 pH ORP: ±1 mV
Process Temperature	Durafet®: -10 °C to +110 °C (14 °F to 230 °F) Meridian®: 0 °C to 110 °C (32 °F to 230 °F)
Durafet® Sensor Survivable Temperature Range	-10 °C to +130 °C (14 °F to 266 °F)
Electronics Module Ambient Temperature	-20 °C to +85 °C (-4 °F to +185 °F)
Output Type	4-20 mA (2-wire loop powered)
Output Scale	0-14 pH, ±1600 mV
Output Calibration	4-20 mA
Durafet® Remote Mating Connector Rating	Submersible to 20 feet
Output (Loop) Cable Connection	M12 type
User Termination	Tinned leads on cord set or customer supplied cable
Cable Lengths: Sensor: Output:	Durafet®: 20 feet or 50 feet Meridian®: 12 feet or 20 feet 20 feet or 50 feet
Power	16-42 Vdc Maximum Load Resistance: 250 ohms at 16 Vdc 600 ohms at 24 Vdc 1400 ohms at 42 Vdc
Local Display and Buttons	LCD 4-digit, 7-segment
Engineering Units	pH, mV degrees F degrees C
Calibration Options (pH)	1 point Sample or 2 point Sample Auto Buffer Recognition Selections: US, NIST, EURO
Solution Temperature Compensation (for pH only)	Selections: 0.00pH/10 °C -0.16pH/10 °C -0.32pH/10 °C
Diagnostics	Sensor and electronics
Case	Weatherproof, corrosion-resistant plastic housing
Approvals	CE Mark for Industrial Applications UL – General Purpose CSA – General Purpose FM Class I, Div. 1, Groups A, B, C, D and Class I, Zone 0, AEx Ia IIC (I.S.) FM Class I, Div. 2, Groups A, B, C, D; Class I, Zone 2, Groups IIC (non-incendive field wiring) Enclosure: IP66, Type 4x
Remote Mounting	Pipe, Wall, or DIN Rail
Dimensions	H 123 mm (4.84") x W 48 mm (1.89") x D 46 mm (1.81")
Weight	Approximately 142 g (5.0 oz.)

## Remote Mounting Hardware



### Mounting Kit

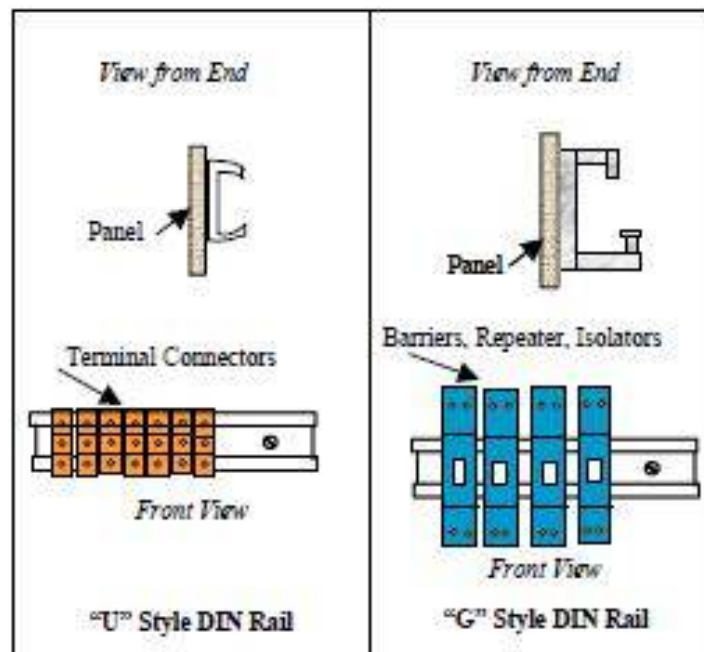


Figure 6—Remote Mounting Hardware





## Medidores de nivel Ultrasónicos para Líquidos y Sólidos



Medir  
+  
Monitorar  
+  
Analizar



- Rango de medida:  
líquidos: hasta 8 m  
sólidos: hasta 3.5 m
- Precisión:  
0.25% máx. de intervalo
- Resolución:  
3 mm (2-hilos)  
2 mm (4-hilos)
- Presión: max. 3 bar abs,  
tmax. 80 °C
- Conexión:  
G 1 1/2, G2  
1/2 NPT, 2 NPT
- Material de la cubierta:  
Aluminio, PA66  
Material del sensor: PVDF
- Salida analógica:  
4-20 mA







### Descripción

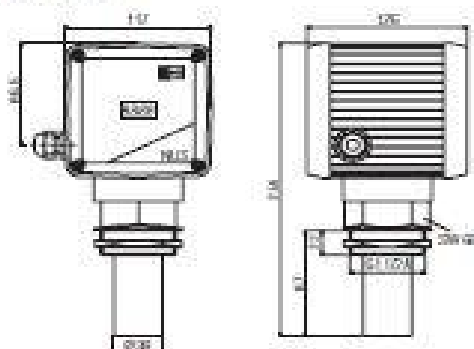
El medidor de nivel ultrasónico KOBOLD modelo NUS se utiliza para medir niveles continuos, sin contacto. El instrumento compacto contiene un sensor de temperatura integrado para la compensación del tiempo de viaje del sonido. El rango de medición es ajustable. El instrumento opera sobre el principio ultrasónico. El sensor transmite pulsos de pulsos ultrasónicos a la superficie de un líquido o material medido. Los pulsos reflejados son recibidos por el mismo sensor. El sistema electrónico evalúa el tiempo de eco de los pulsos y determina el nivel. Una salida estándar de señal para teletransmisión y un indicador LED para indicación local están disponibles.

### Aplicaciones

- Líquidos
- En medios de grano grueso

### Dimensiones

### Dimensiones



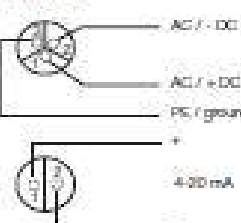
### Conexión eléctrica

NUS-10... / NUS-20...

### 2-hilos



### 4-hilos



### Detalles Técnicos

principio de medición:	Principio Ultrasónico medida del eco en tiempo
Rango de medida (líquidos):	NUS-...5...: 0,25...4 m (2-hilos) 0,25...5 m (4-hilos) NUS-...8...: 0,40...7 m (2-hilos) 0,40...8 m (4-hilos)
Rango de medida (sólidos):	NUS-...5...: hasta 2 m NUS-...8...: hasta 3,5 m
Distancia de bloqueo:	NUS-...5...: 0,25 m NUS-...8...: 0,40 m
Frecuencia:	NUS-...5...: 70 kHz NUS-...8...: 50 kHz
Frecuencia del pulso:	0,5 to 9 Hz (dependiendo de la versión electrónica)
Haz de luz:	11°, conico
Min. tiempo de retardo:	aproximadamente 5 s (2-hilos) aproximadamente 1 s (4-hilos)
Presión de medida (a 20°C):	0,25 % of max. longitud
Resolución:	3 mm (2-hilos) 2 mm (4-hilos)
posición de montaje:	vertical a la superficie
Temperatura de proceso:	-40 a 80 °C
Temperatura ambiente:	-20 a 50 °C
temperatura de almacenamiento:	-40 a 80 °C
Max. Presión de operación:	3 bar abs.
Materiales:	
Cuerpo:	Aluminio, recubierto con Poliimida (PI/SS)
Sensor y conexión:	PMDF / EPDM
Conexión:	
NUS-...5...:	G 1/2, 1 1/2 NPT
NUS-...8...:	G 2, 2 NPT
	G-roscas con tuerca y EPDM-empaquetado
Diseno:	instrumento compacto
Conexión eléctrica:	2/3-polo D-sub®
Salida Conmutada (NUS-30...):	PNP, max. corriente de carga: 50 mA
Salida analógica:	4-20 mA
Carga:	
NUS-10...:	max. 500 Ω
NUS-20... / NUS-30...:	max. 350 Ω
voltaje de alimentación:	12 a 36 V <sub>DC</sub> , 2-hilos 18 a 36 V <sub>DC</sub> , 4-hilos 90 a 127 V <sub>AC</sub> , 4-hilos 180 a 250 V <sub>AC</sub> , 4-hilos
Visor (solo NUS-20/-30):	4-dígitos, LED-display rojo, Tamaño de dígito: 7,62 mm programable punto decimal ajustable Rango de indicación: -9999...9999 IP 65
Protección:	
Peso:	aproximadamente 1,6 kg (2-hilos) aproximadamente 1,8 kg (4-hilos)

### Datos de Pedido (Ejemplo NUS-10 5 3 R)

Modelo	Versión	Rango de medición	Alimentación	Conexión
NUS-	10... sin indicación	S=0,25...5 (5') m	9 = 12 a 36 V <sub>DC</sub> , 2-hilos	R=G 1/2 (en medida, rango 5)
	20...con 4-dígitos de indicación		7 = 90 a 36 V <sub>DC</sub> , 4-hilos*	N=1 1/2 NPT (en medida, rango 5)
	30...con indicación y salida conmutada	S=0,40...8 (8') m	1 = 90 a 127 V <sub>AC</sub> , 4-hilos*	R=G 2 (en medida, rango 8)
			0 = 180 a 250 V <sub>AC</sub> , 4-hilos*	N=2 NPT (en medida, rango 8)

\*no disponible para NUS-30

# MINIATURE I/P TRANSDUCER ELECTRONIC AIR PRESSURE CONTROL



**IP610 Series**  
**3 to 15 psi up to 0 to 120 psi**  
**Intrinsically Safe**



IP610-X60 with conduit electrical termination,  
\$290, shown larger than actual size.

IP610-X15D with din connector, \$290,  
shown larger than actual size.

## SPECIFICATIONS

### Agency Approvals:

FM and CSA Intrinsically Safe

IP610-: Class I, II, III, Div. 1,

Groups C, D, E, F & G

IP610-D: Class I, Div. 1,

Groups C & D

\* = output pressure, does not affect rating

Input Signal: 4 to 20 mA loop powered

Linearity:  $\pm 0.5\%$  of span ( $\pm 1.5\%$  for zero based units)

Hysteresis & Repeatability:  $\pm 0.5\%$  of span ( $\pm 1\%$  for zero based units)

Min. Supply Pressure: 5 psi above max output

Max. Supply Pressure: 100 psi except x60, x120, and 0120 ranges 150 psi

Supply Pressure Sensitivity:

0.1% of span per psi ( $\pm 0.02\%$  for zero based units)

Air Consumption: 1.8 SCFH typical (6.0 SCFH for zero based units)

RF/EMI Effect:

0.5% of span change in output pressure per En 61000-4-3:1998, Amendment 1, Performance Criterion A

Temperature Limits: -30 to 65 °C (-20 to 150 °F)

Max Flow Capacity: 12 SCFM for all except 120 psi 20 SCFM

Input Impedance:

Range Code	Impedance
X15, X27	180 $\Omega$
X30, X60, X120	240 $\Omega$
030, 060	290 $\Omega$
0120	300 $\Omega$

Media: Clean, dry, oil-free, instrument air, filtered to 40 micron

Pressure Ports: 1/4" NPT female

Electrical Connections: 1/2" NPT female conduit or DIN 43650 connector

Mounting: Direct wall, panel, 1/2" pipe, or optional DIN rail

Housing: Chromate treated aluminum with epoxy paint, NEMA 4X rated (IP65)

Elastomers: Buna-N

Trim: Stainless Steel and zinc plated brass

Weight: 590 g (1.3 lbs.) or 635 g (1.4 lbs.) for zero based units

## Conduit Termination

## AVAILABLE FOR FAST DELIVERY!

### To Order (Specify Model Number)

Model No.	Range (psi)	Price
IP610-X15	3 to 15	\$290
IP610-X27	3 to 27	290
IP610-X30	6 to 30	290
IP610-X60	2 to 60	290
IP610-X120	3 to 120	290
IP610-030	0 to 30	335
IP610-060	0 to 60	335
IP610-0120	0 to 120	335

## DIN 43650 Connector

### To Order (Specify Model Number)

Model No.	Range (psi)	Price
IP610-X15-D	3 to 15	\$305
IP610-X27-D	3 to 27	305
IP610-X30-D	6 to 30	305
IP610-X60-D	2 to 60	305
IP610-X120-D	3 to 120	305
IP610-030-D	0 to 30	350
IP610-060-D	0 to 60	350
IP610-0120-D	0 to 120	350

## Accessories

### To Order (Specify Model Number)

Model No.	Price	Description
IP610-DM	\$9	DIN rail mounting kit
OP-6	210	Reference Book: Fundamentals of Temperature, Pressure, and Air Flow Measurement

All IP610s come with mounting bracket and operator's manual.

Ordering Example: IP610-X15-D is a loop powered IP converter with 3 to 15 psi range and DIN 43650 electrical connection, \$305.



IP610-X60 with conduit electrical termination, \$290, shown actual size.



INGENIERÍA DE LA AUTOMACIÓN INDUSTRIAL

## Tipos de válvulas a solenoide

### Vías - Posiciones - Condición de reposo

Las válvulas a solenoide se clasifican por el número de entradas y salidas en 2 vías, 3 vías, 4 vías o 5 vías.

Desde el punto de vista funcional pueden ser monoestables o biestables. Las monoestables, al desenergizarse su único solenoide vuelve a una posición estable. En cambio las biestables, se componen de dos bobinas, una por cada posición, y pueden trabajar con pulsos de corriente.

Las válvulas de 2 vías monoestables que al desenergizarse se cierran, se las denominan **Normalmente Cerradas**. Cuando por el contrario quedan abiertas se las denominan **Normalmente Abiertas**.

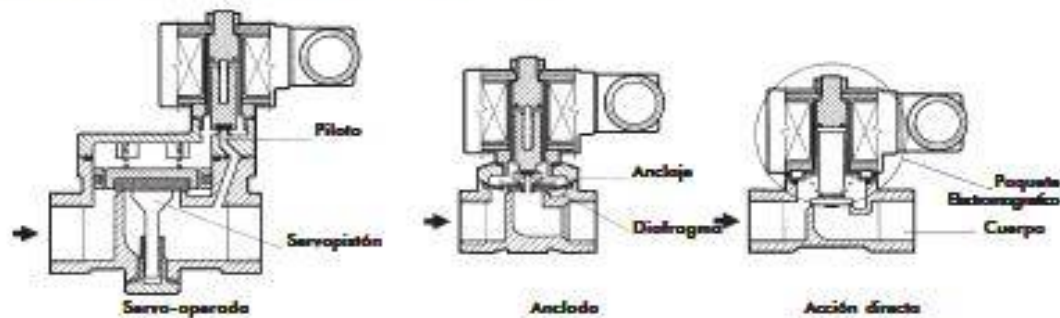
En el caso de 3 vías monoestables pueden tener varias denominaciones de acuerdo a la forma de trabajo.

**Normalmente Cerradas, Normalmente abiertas, convergentes, divergente.** Si pueden operar de cualquier forma, se las denomina **Universales**.

En el caso de 3, 4 o 5 vías pueden tener 2 o 3 posiciones; en este último caso con una posición estable, y dos inestables, con una bobina para cada posición.

### Acción directa - Servo-operada - Combinada

Por su forma de operar las válvulas pueden ser de acción directa, servo-operadas, o la combinación de ambas: las **ancladas**.



## Fórmulas y tablas

Para el cálculo de caudales



### Fórmulas para cálculos de caudales

Ruidos	Cálculo del caudal; $Q_v$ = líquidos; $Q_n$ = gases; $Q_m$ = vapores	Cálculo del coeficiente de flujo $K_v$ ( $m^3/h$ )	Cálculo de la caída de presión en bar
Líquidos	$Q_v = K_v \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma}}$	$K_v = Q_v \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta p}}$	$\Delta p = \gamma \left( \frac{Q_v}{K_v} \right)^2$
Corrección del $K_v$ para líquidos más viscosos que el agua	$Q_v = K_{vc} \sqrt{\frac{\Delta p}{\gamma}}$	$K_{vc} = \sqrt{\frac{K_v}{\Delta p} \cdot \frac{\nu}{800}} + K_v$	$\Delta p = \gamma \left( \frac{Q_v}{K_{vc}} \right)^2$
Gases	$P_2 > \Delta p$ $Q_n = 500 \cdot K_v \sqrt{\frac{P_2 \cdot \Delta p}{\delta_g (273 + t)}}$	$K_v = \frac{Q_n}{500} \sqrt{\frac{\delta_g (273 + t)}{P_2 \cdot \Delta p}}$	$\Delta p = \frac{P_1}{2} \cdot \sqrt{\frac{P_1}{4} \cdot C}$ $C = \delta_g T \left( \frac{Q}{500 K_v} \right)^2$
	$P_2 < \Delta p$ $Q_n = \frac{250 \cdot K_v \cdot P_1}{\sqrt{\delta_g (273 + t)}}$	$K_v = \frac{Q_n}{250} \sqrt{\frac{\delta_g (273 + t)}{P_1}}$	
Vapores saturados secos	$P_2 > \Delta p$ $Q_m = K_v \cdot 31,7 \sqrt{\frac{\Delta p}{v_2}}$	$K_v = \frac{Q_m}{31,7} \sqrt{\frac{v_2}{\Delta p}}$	$\Delta p = \left( \frac{Q_m}{K_v 31,7} \right)^2 \cdot v_2$
	$P_2 < \Delta p$ $Q_m = K_v \cdot 22,5 \sqrt{\frac{P_1}{v_1}}$	$K_v = \frac{Q_m}{22,5} \sqrt{\frac{v_1}{P_1}}$	





## Proportional Valves with Compact Positioner

Normally Closed/Pressure Under Disc

2/2  
SERIES  
8290

### Features

- Variable flow proportional to the control signal.
- Closed loop control via linear potentiometer.
- Fail-close construction: Valve returns to closed position upon loss of power.
- Supplied factory-assembled.

### General

Differential Pressure	0 to 240 psi
Maximum allowable pressure	240 psi
Fluid Temperature Ranges	See chart on following page.
Ambient Temperature Ranges	0 to 122°F
Response Time	See chart on following page.
Linearity	± 5%
Hysteresis	< 1%

### Compact Positioner

Pilot Fluids	Air or inert gas, filtered 50µm, lubricated or not
Pilot Pressure	60 to 240 psi
Pilot Fluid Temperature	0 to 60°C
Pilot Connection	1/8"
Maximum Current	150mA
Nominal Supply Voltage	24VDC ± 10%, Max. ripple 10%
Maximum Power	3.6 W
Connector Size 1s	Spade plug CM6, 4 pins
Coil Insulation Class	F
Positioner Body/Enclosure	Aluminum, PA/PP65

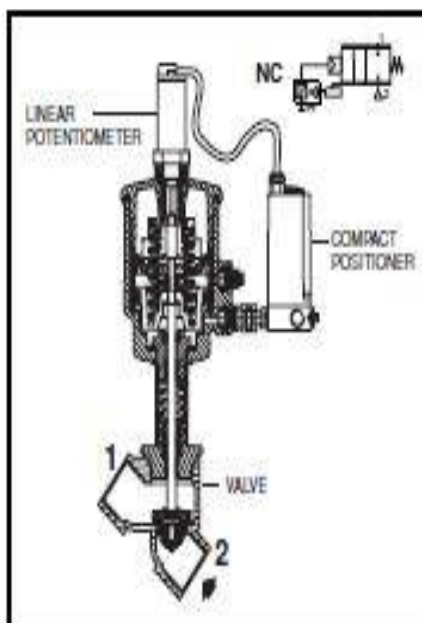
### Control Signal

Control Signal	Suffix ①
0 - 10 VDC	P0B04
0 - 20 mA	P0B05
4 - 20 mA	P0B06

① Add suffix to 8290 catalog number (EG: 8290A384P0B04), see following page for complete product range. Supplied installed on valve and pre-adjusted at the factory. Positioner configured for one, customer specified, control signal.

### Linear Potentiometer

Resistance	500k $\Omega$
Body/Enclosure	Aluminum/IP65



**SERIES  
8290**



**Specifications**

Pipe Size (ins.)	Orifice Dia. (ins.)	Cv Flow	OPD Min (psi.)	OPD Max. Fluids (psi.)	OPD Max. Steam (psi.)	Max. Fluid Temp. °F	Bronze	Stainless Steel	Pilot Pressure Min (psi)	Pilot Pressure Max (psi)	Approx. Shipping Weight (lbs.)	Suffix ① (0-10 VDC) Fail closed	Suffix ② (0-20 mA) Fail closed	Suffix ③ (4-20 mA) Fail closed
50mm Operator												P0B94	P0B95	P0B96
1/2	1/2	5.3	0	240	150	356	8290A384	8290A393	60	150	4.1			
3/4	3/4	8.3	0	150	150	356	8290A385	8290A394	60	150	4.3			
63mm Operator														
3/4	3/4	8.3	0	240	150	356	8290B005	8290B048	60	150	5.3			
1	1	17	0	150	150	356	8290B010	8290B053	60	150	6.3			
1-1/4	1-1/4	24	0	90	90	356	8290A016	8290A050	60	150	7.5			
1-1/2	1-1/2	33	0	60	60	356	8290A020	8290A063	60	150	9.8			
2	2	46	0	40	40	356	8290A024	8290A067	60	150	12.2			
90mm Operator														
1	1	17	0	240	150	356	8290B011	8290B054	60	150	7.9			
1-1/4	1-1/4	24	0	180	150	356	8290A017	8290A060	60	150	9.3			
1-1/2	1-1/2	33	0	120	120	356	8290A021	8290A064	60	150	11.1			
2	2	46	0	90	90	356	8290A025	8290A068	60	150	17.8			
125mm Operator														
1-1/4	1-1/4	34	0	240	150	356	8290A042	8290A046	60	150	15.1			
1-1/2	1-1/2	56	0	240	150	356	8290A082	8290A095	60	150	16.6			
2	2	77	0	150	120	356	8290A085	8290A098	60	150	18.8			
2-1/2	2-1/2	86	0	90	90	356	8290A088	8290A091	60	150	23.7			

① Add suffix to 8290 catalog number (EG: 8290A384P0B94).  
Fail closed construction: Valve returns to closed position upon loss of power.  
Compact Positioner not available on 32mm Operator.

**Response time (in seconds) for NC valves (90 psi air control)**

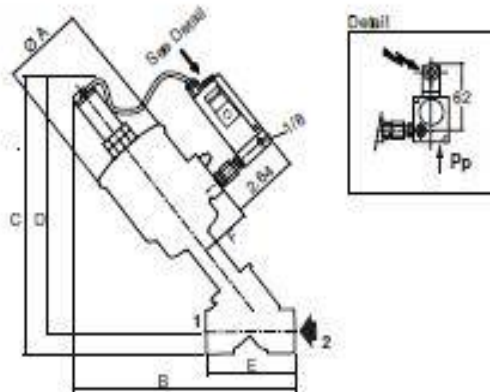
Pipe Size (ins.)	Operator (mm)							
	50		63		90		125	
	Open	Close	Open	Close	Open	Close	Open	Close
1/2	1.26	0.92	-	-	-	-	-	-
3/4	1.30	0.95	1.7	2.25	-	-	-	-
1	-	-	2.7	3.18	5.23	7.26	-	-
1-1/4	-	-	2.7	3.18	5.23	7.26	9.34	17.8
1-1/2	-	-	2.7	3.18	5.23	7.26	13.7	18.3
2	-	-	2.7	3.18	5.23	7.26	13.7	18.3
2-1/2	-	-	-	-	-	-	14.0	19.5

**Installation**

- Valves can be mounted in any position.
- Installation and maintenance instructions are included with each valve.

**Dimensions (inches)**

Pipe Size	BA	B	C	D	E	F
<b>50mm Operator</b>						
1/2	2.7	6.93	8.21	7.68	2.56	1.7
3/4	2.7	7.26	8.39	7.76	2.95	1.7
<b>63mm Operator</b>						
3/4	3.4	7.78	9.11	8.51	2.95	2.0
1	3.4	8.18	9.51	8.71	3.54	2.0
1-1/4	3.4	9.52	10.82	9.84	4.33	2.0
1-1/2	3.4	9.80	11.45	10.27	4.72	2.0
2	3.4	10.78	12.51	10.63	5.90	2.0
<b>90mm Operator</b>						
1	4.7	8.50	9.92	9.12	3.54	2.6
1-1/4	4.7	9.88	11.11	10.12	4.33	2.6
1-1/2	4.7	10.15	11.73	10.55	4.72	2.6
2	4.7	11.10	12.29	10.91	5.91	2.6
<b>125mm Operator</b>						
1-1/4	5.1	11.10	13.63	12.63	4.30	3.1
1-1/2	5.1	11.50	14.23	13.13	4.70	3.1
2	5.1	12.40	14.83	13.43	6.00	3.1
2-1/2	5.1	13.70	15.83	14.03	7.50	3.1



**Bray**

R5 SERIES 73  
ELECTRIC ACTUATOR





**RUGGED, LOW COST ELECTRIC ACTUATORS FOR ROTARY VALVES**  
**THREE ON-OFF MODELS WITH 100, 300 OR 600 LB-IN OUTPUT TORQUE**  
**WATERPROOF (NEMA 4, 4X, IP 65)**

Bray Controls' generations of innovative electric actuators have a proven record of success. Building on this record, Bray has combined engineering expertise and years of field experience to produce the R<sup>5</sup>. This red, rectangular electric actuator for rotary valves delivers highly reliable service at a reduced price. The R<sup>5</sup> meets the needs of 21st Century industrial applications at a price that is unmatched.

Bray has specifically engineered the R<sup>5</sup> for customer-friendly convenience. Designed to offer easy, interference-free access to terminal block wiring and cam adjustment, the R<sup>5</sup> greatly reduces the time required for field start-up. Installation and maintenance can be performed with assured ease and safety.

**MOTOR & CAPACITOR (A)** The R<sup>5</sup> has a 120 or 220 VAC single phase permanent split-capacitor reversible induction motor. 12 or 24 VDC motors are available upon request. The UL listed motor features a built-in thermal overload protector of a bi-metallic strip in the windings set at 230°F (110°C) with automatic reset.

**MOTOR BREAK (B)** All AC motors feature an internal break. When power to the actuator is cut off the break stops the motor and holds the valve in position until power is restored.

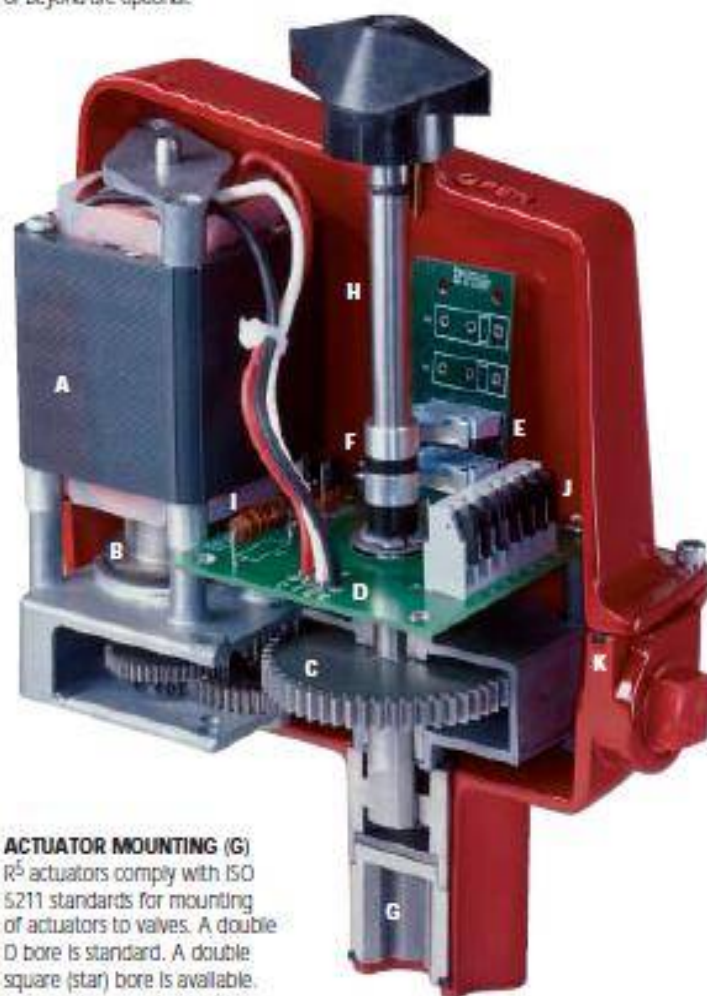
**SPUR GEAR SYSTEM (C)** The heavy-duty spur gear train is composed of precision cut, multi-staged gears and shafts. The gears and shafts are heat treated high alloy steel and will withstand locked rotor conditions. The spur gear system is permanently lubricated at the factory.

**CIRCUIT BOARD (D)** The R<sup>5</sup> has a heavy duty printed circuit board that replaces cumbersome internal component wiring. To withstand line vibration and shock, Bray manufactures the R<sup>5</sup> PCB at double the thickness of commonly used PCBs.

**TRAVEL LIMIT SWITCHES (E)** Bray has provided two SPDT switches as standard. The 10A, 220 VAC switches are used for AC motor control. Two optional auxiliary switches are available to signal a low wattage AC lamp or a DC controller input. Switches are easily accessible without interference from other components.

**CAMS / CAM ADJUSTMENT (F)** Cams are infinitely adjustable by a Hex key with no special tools needed. Standard factory setting allows 90° reversible rotation between open and closed positions. Extended rotation units such as 180°, 270° or beyond are optional.

**TERMINAL BLOCK (J)** The actuator switches are connected to a terminal block. The block has been designed for ease of customer wiring without interference from other components and features clearly marked terminal numbers. The lever-operated block simplifies wiring connection. Connection is just a matter of inserting the wire and pushing down the lever – no tools are needed. The block has been placed near the two conduit entries with ample room for running wire leads. A wiring diagram is included inside the cover for easy reference.



**ACTUATOR MOUNTING (G)** R<sup>5</sup> actuators comply with ISO 5211 standards for mounting of actuators to valves. A double D bore is standard. A double square (star) bore is available.

**INDICATOR SHAFT (H)** The shaft is Stainless Steel.

**HEATER (I)** A heater can be added to the R<sup>5</sup> to prevent possible damage to electrical components due to condensation build-up inside the actuator.

**HOUSING SEAL (K)** The large O-ring seal between the cover and base provides a waterproof enclosure and prevents ingress of moisture. This seal is far superior to commonly used gaskets.

## SERIES 73 TECHNICAL DATA

Actuator Series	873-1	873-3	873-6
Torque Output	100 [11]	300 [34]	600 [68]
Motor	VAC	120/220	120/220
Current Rating	Hz	50-60	50-60
Amps	0.4/0.2	0.9/0.4	1.1/0.6
Speed in Seconds 90° Operation	2/5/10	5/10/15	10/15/30/60
Butterfly Valve Sizes*	1" - 1½"	2" - 3"	4" - 6"
Ball Valve Sizes**	¼" - 1"	1" - 2"	2" - 3"
Weights	lbs [kg]	4.5 [2.04]	5.8 [2.63]
			6.1 [2.77]

Note: All motors are single phase and Current Rating is at all speeds. The duty cycle for intermittent on-off operation is 25%.

1/2 & 24 VDC motors are available as an option, please consult your Bray representative.

\* Depending on service conditions.

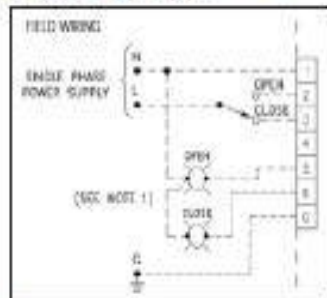
\*\* Depending on service conditions and restricted port or full port valves.

## TEMPERATURE RANGE

-40°F (-40°C) to +150°F (+65°C)

## CUSTOMER WIRING DIAGRAM

STANDARD ON-OFF Service



### Notes:

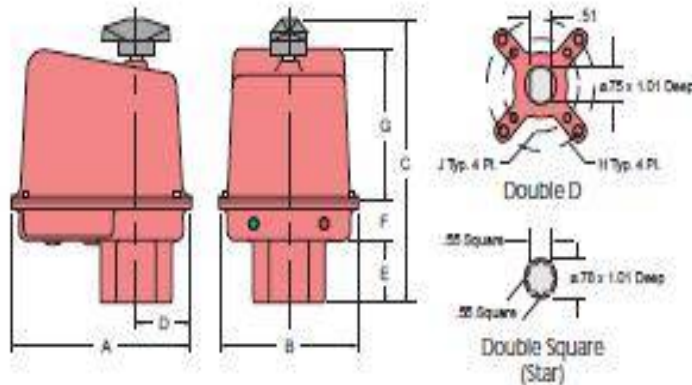
- 1) Remote position indicator devices must be rated at the same supply potential as the motor supply.
- 2) Optional max. 2 switches - voltage free travel limit switches are available for remote indication if required.

Limit Switch Rating: 250 VAC, 10A, 1/2 HP  
Terminal Strip Wiring: 14-28 AWG, 105°C, 300V minimum rated wire.



## SERIES 73 DIMENSIONS

Actuator Series	A	B	C	D	E	F	G	H (UNC) x B.C.	J (UNC) x B.C.
873-1	5.93 [151]	3.29 [84]	7.52 [191]	2.10 [53]	1.63 [41]	1.49 [38]	3.50 [89]	1/4-20 x ø1.97 [F05]	#10-32 x ø1.42 [F03]
873-3	6.76 [172]	3.79 [96]	8.25 [210]	2.45 [62]	1.89 [48]	1.57 [40]	3.79 [96]	1/4-20 x ø1.97 [F05]	#10-32 x ø1.42 [F03]
873-6	5.99 [152]	4.64 [118]	7.82 [199]	1.84 [47]	1.73 [44]	1.06 [27]	4.23 [107]	5/16-18 x ø2.76 [F07]	1/4-20 x ø1.97 [F05]



The Bray RS™ Electric Actuator - Series 73-6 on Flow-Tek flanged ball valve, Series 73-3 and -1 on Bray Series 20 butterfly valves.

DISTRIBUTOR



## SERIES 70

### RUGGED ELECTRIC ACTUATOR FOR ROTARY VALVES 300 TO 6,500 LB-IN OUTPUT TORQUE

Bray Controls' years of proven success in electric actuation, combined with innovative engineering, has produced the R<sup>4</sup>.™ The R<sup>4</sup> features on-off or modulating control.

This red, round electric actuator for rotary valves delivers highly reliable service.



Bray's unique, customer-friendly designed Control Center has many advantages over present industry standards including:

- UL, CSA and CE certification of most units
- Ease of customer field wiring directly to the terminal strip without interference from other components
- Simple and unique manual override handwheel system
- Lowest profile and lightest weight actuator on the market
- Simple finger or screw driver adjustment of travel limit cams without interference from other components
- Highly visible valve status display
- Externally adjustable travel stops
- Captive housing screws

Additionally, components not requiring customer access are protected underneath the Power Center cover plate.

### LOW PROFILE, COMPACT, HIGH TORQUE DESIGN

The R<sup>4</sup> is by far the most compact, lowest profile design of any electric actuator delivering comparable torque output. Thorough research and many years of field experience have gone into the development of this state-of-the-art actuator – the product of the future. This design offers the advantages of greatly reduced space requirements, lighter weight and ease of installation and maintenance when compared to other electric actuators. When mounted directly to Bray valves, the R<sup>4</sup> is especially compact.



The R<sup>4</sup> compared to a typical actuator, both mounted to 4" Bray valves.

### DIRECT MOUNTING OF THE R<sup>4</sup> ON BRAY VALVES

Bray actuators mount directly to Bray valves without using any external linkage. Field installation is simple and misalignment is minimized. For sanitary processing and outdoor applications, the Bray direct mounting system reduces the possibility of contamination buildup or corrosion between the valve and actuator. The mounting pattern complies with ISO 5211 and VDI/VDE 3845 (NAMUR recommendations). The R<sup>4</sup> can be mounted and operated in any position. Standard rotation is 90° reversible. Bray can provide linkages for mounting the R<sup>4</sup> to other devices requiring 90° rotation. Please consult the Bray factory for further information.

## EXTERIOR FEATURES

### EXPLOSION PROOF ENCLOSURE

The R<sup>4</sup> waterproof/explosion proof unit is UL NEMA 4, 4X, 7 & 9 listed and certified to specifications for hazardous locations. This rugged, heavy duty housing contains precision machined bores and flanges to meet flame path requirements. The valve position indicator is viewed from behind a sodium glass explosion proof window. This unit is currently available with 800 to 2,000 lb.-in. output torque, continuous or intermittent duty.



### MECHANICAL TRAVEL STOPS

Stainless steel mechanical travel stops permit precise field adjustment of actuator movement to specific degrees of rotation. The travel stops are located outside the base for easy readjustment without removing the cover. Stainless steel lock nuts with O-ring seals hold the travel stops securely in place. The travel stops are normally set at the factory to allow 0° and 90° travel.



R<sup>4</sup> manual override handwheel with optional spinner.

#### FEEDBACK POTENTIOMETER

The feedback potentiometer gear has an over-torque shift engagement which operates if the limits of the active region of the potentiometer are exceeded. This situation can occur when the manual override handwheel is turned past 90° or below 0° travel. The potentiometer gear always remains engaged with the drive gear, but shifts on its shaft to prevent damage and maintain proper alignment.

#### VOLTAGE SPIKE PROTECTION

Voltage spikes that can damage electrical equipment are very common in industrial locations. Large voltage spikes can be caused by switching power loads, such as large motor drives, at the customer location. The output stage TRIACs of the Servo are protected

against damage from voltage spikes by a special combination of

- limit switch circuitry
- metal oxide varistor (MOV) for transient voltage suppression
- zero crossing detection

#### DEVICENET SERVO

Bray also offers the Series 70 with the most advanced serial bus communication Servo on the market. The Bray DeviceNet Servo is fully ODVA (Open DeviceNet Vendor Association) compliant. Benefits include greatly simplified field wiring and installation, advanced control and diagnostics in real-time from a remote location, and full network integration. Please contact your Bray representative for more information.

#### CONTROL STATION (Optional)

Bray has designed a manual local electrical control station that flush



Control Station

mounts directly to the R4. The Control Station features:

- a local-off-remote control switch
- an open-stop-close switch
- two lights which locally indicate open and closed valve position

The cover plate can be rotated in any 90° increment, allowing the customer to operate and view the station with ease. The enclosure is aluminum and weatherproof (NEMA 4, 4X, IP 65). Additionally, the control station has captive cover bolts and two input ports available in the following thread connections: 3/4" NPT or M25. Two different multi-pin, watertight electrical cable connections are also available.



ServoPlus II  
shown



## **SIMATIC S7**

Con SIMATIC S7 puede resolver cualquier tarea, y en lo que se refiere a potencia, funcionalidad, flexibilidad y fácil manejo es una auténtica maravilla. Justo lo que esperaba de un autómata SIMATIC. Como SIMATIC también es sinónimo de continuidad, los ya acreditados componentes S5 pueden combinarse sin problemas con el nuevo SIMATIC. Así que usted decide hasta que punto desea modernizar su instalación o máquina.

**FUERTE EN PRESTACIONES Y FACILISIMO DE USAR**  
SIMATIC S7 le proporcionará la potencia que necesite. Incluso aquella que se espera de un computador de proceso, pues cubre toda la gama fuera de las aplicaciones reservadas a los miniautómatas. Una ventaja de la que disfrutará tanto la periferia centralizada como la descentralizada, además el S7 es tan robusto que soporta perfectamente los ambientes industriales mas desfavorables. No sólo gracias a los módulos (tarjetas) encapsuladas sino también al funcionamiento sin ventilador y a un comportamiento extremadamente fiable en arranque y desconexión.



### **Un manejo sencillísimo**

El S7 presenta otra ventaja extraordinaria. Aunque ofrece infinidad de prestaciones resulta facilísimo de manejar, ya que está dotado de una estructura muy simple, armonizando desde el principio el hardware con el software. Ya verá el tiempo que ahorra!. Así ya no hay reglas que respetar en cuanto a los slots, y el software se encarga de parametrizar el hardware. Las funciones complejas se pueden realizar con una sola instrucción y además todo el sistema es completamente coherente en términos de parametrización, programación, gestión de datos y comunicación. Y ello no solo a nivel de PLC sino también para manejo y visualización, redes locales e incluso para eventuales microcomputadores industriales integrados. El entorno software que lo hace posible se llama STEP® 7: el software más sencillo y manejable que pueda encontrarse actualmente en el mercado de aplicaciones para la automatización. Y naturalmente basado en Windows!

### **Una configuración a la medida**

Como cada tarea exige una configuración diferente, este potente PLC de un enorme abanico de componentes muy escalonados en cuanto a su potencia. Para funciones especiales puede elegir entre numerosos módulos de comunicación para establecer de manera sencilla las más variadas conexiones. Con el S7-400 se ha llevado a la práctica una filosofía basada en la facilidad de manejo. Ello se traduce en un gran ahorro no solo de tiempo sino también de componentes. Pues mucho de lo que hasta ahora había que realizar añadiendo software adicional ya viene integrado de fábrica.

### **Primero: configuración a medida**

La posibilidad de lograr una solución personalizada a partir de elementos estándar no es nada nuevo para SIMATIC. Lo realmente innovador es la muy variada gama de potencias que presentan las CPU. Las diferencias radican en la velocidad de ejecución, el tamaño de memoria así como la variedad de interfaces integrados. No importa la potencia que Ud. Requiera, pues siempre dispondrá de la mejor solución. Y ello sin invertir más de lo que realmente necesita.

### **Interfaces integrados**

El puerto MPI (interface multipunto) permite conectar el autómata simultáneamente a unidades de programación, a PC, así como a equipos de manejo y visualización (p. ej. Paneles de operador) en intercambiar pequeñas cantidades de datos con otros autómatas S7, todo ello sin influir en el tiempo de ciclo. Además del MPI, algunas CPU llevan una interface PROFIBUS-DP incorporado. Ello permite integrar el S7-400 como maestro en una red PROFIBUS sin necesidad de hardware adicional.



### **Servicios integrados**

El sistema operativo de la CPU integra servicios que hasta ahora había que programar laboriosamente y que en ocasiones ni siquiera eran realizables. Por citar algunos ejemplos nombremos los servicios de diagnóstico extensos, los módulos periféricos e incluso un buffer de eventos con indicación de fecha y hora. Además de los servicios de manejo y visualización (M+V) y de los de comunicación. Todo ello se parametriza fácilmente en la CPU.

### **Periferia muy extensa**

La periferia que ofrece el S7-400 es muy variada. Numerosos módulos de señal - algunos de ellos incluso con capacidad de diagnóstico e interrupciones - facilitan la conexión con el proceso y las nuevas técnicas de conexión como Top Connect y Smart Connect reducen considerablemente los trabajos de cableado, pues permiten prescindir del "borne intermedio". Y finalmente, el sistema de periferia descentralizada ET 200 que pone fin a los problemas de espacio y que está disponible en todos los grados de protección.

### **Software STEP 7**

STEP 7 es actualmente el software más manejable para aplicaciones de automatización. Está basado en Windows, lo cual no solo garantiza un manejo sencillo sino que lo abre plenamente al mundo de los PC. Así, el S7-400 permite disfrutar de un entorno ideal para configurar, programar y parametrizar no sólo el autómatas sino también las funciones de M+V y de cálculo. La gestión centralizada de datos y de señales reducen enormemente las tareas de introducción, modificación y administración. La programación se realiza con los ya conocidos lenguajes KOP y AWL - sin mencionar los paquetes de software opcionales como S7-HiGraph para procesos asincrónicos, S7 GRAPH para controles secuenciales o también el lenguaje de alto nivel SCL. SIMATIC S7-400 Una decisión inteligente. Actualmente, la elección de un sistema de automatización no solo depende de meros datos técnicos. Al realizar una inversión hay que pensar en la continuidad de cara al futuro, lo que obliga a considerar el autómatas y todo su entorno. En este sentido, con el PLC SIMATIC S7-400 siempre irá sobre seguro.

### **Homogeneidad hasta el nivel de campo**

Las arquitecturas de automatización descentralizadas son muy rentables. El S7-400 está equipado con todo lo necesario para realizarlas: conexión a la red SIMATIC NET (es el nuevo nombre de la familia de productos SINEC), PROFIBUS-DP, y con ello al sistema ET 200, el cual permite establecer una conexión muy económica entre el PLC y la periferia.



### **Comunicación con todos los entornos de automatización**

Puesto que todo el intercambio de datos entre los PLC y entre estos y el computador es cada día más importante, es evidente que un verdadero SIMATIC tiene que poderse conectar a redes locales. Así, puede optar entre Industrial Ethernet y PROFIBUS-FMS, ambas redes de difusión mundial y que junto con SIMATIC S7 ya se han acreditado como redes para uso industrial. Manejo y visualización para todos los gustos Las CPU llevan los servicios M+V integrados en el sistema operativo, lo que permite llevar a cabo funciones de supervisión sin mayor dificultad y sin cargar excesivamente el tiempo de ciclo.